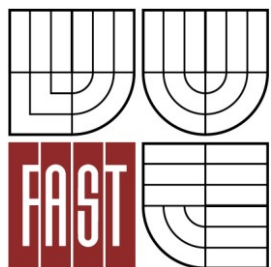




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB



FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

STABILIZACE BŘEHŮ ÚDOLNÍ NÁDRŽE LETOVICE

AUTHOR BANK STABILIZATION OF LETOVICE DAM

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JIŘÍ MIKA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. MILOSLAV ŠLEZINGR

BRNO 2014



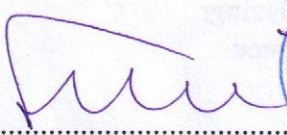
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ


Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Jiří Mika
Název Stabilizace břehů údolní nádrže Letovice
Vedoucí diplomové práce doc. Dr. Ing. Miloslav Šlezingr
Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce 17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013


.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu


.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- Lukáč, M. a kol. Účinky vetrových vln na konstrukciu priehrady, svahy nádrže a protiabrázne opatrenia, STU Bratislava 1977
Spanilá, T. Problematika přetváření břehů na vodních nádržích, In. Přehradní dny 1992
Šlezinger, M. Břehová abraze, CERM Brno 2004
Šlezinger, M. Vegetační doprovod vodních toků a nádrží, CERM Brno 1996
Úradníček, L., Šlezinger, M. Stabilizace břehů, VUT Brno 2007

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Prohlídka a posouzení stávajícího stavu řešené lokality (břehové území nádrže Brno)
Statistické zhodnocení výšky hladin v desetiletém cyklu
Hydrotechnické výpočty zaměřené na určení abrazní terminanty
Návrh stabilizace se zaměřením na využití aktivních stabilizačních prvků (vlnolamů)
Vypracování schémat možné stabilizace

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).
- 3.



.....
doc. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá statistickým vyhodnocením nejčtenější hladiny v nádrži za 10 let, určením abrazní terminanty, stanovením ústupu břehové čáry a návrhy stabilizace břehu v zájmové lokalitě Svitavice na vodní nádrži Letovice. Diplomová práce je rozdělena na průvodní zprávu a technickou zprávu. Průvodní zpráva obsahuje základní technické a správní údaje, hydrologické poměry a další poměry v zájmové oblasti. Dále průvodní zpráva obsahuje popis výroby a činností v širokém okolí nádrže. Technická zpráva obsahuje statistické vyhodnocení nejčtenější hladiny v nádrži za 10 let, hydrotechnické výpočty pro stanovení prognózy ústupu břehové čáry, vizualizace návrhů biotechnických opatření. Na závěr je proveden odhad nákladů na navržené biotechnické opatření.

Klíčová slova

vodní nádrž, abraze, abrazní terminanta, nejčtenější hladina, břehová čára, návrh stabilizace.

Abstract

The master's thesis is focused on the statistical evaluation of the most frequent level in the tank for 10 years, determining the abrasion terminant, setting retreat shoreline and bank stabilization proposals in the area of interest Svitavice on the water reservoir Letovice. The thesis consists of an accompanying report and a technical report. The accompanying report contains basic technical and administrative data, hydrology ratio and others conditions in the area of interest. In addition, the accompanying report contains a description of production and activities in wide surroundings of the tank. The technical report contains statistical evaluation of the most frequent water surface in the tank for 10 years, hydro technical calculation to determine the prognosis of the bank line recession, visualization proposal of biotechnical measures. In conclusion, an estimate cost of the proposed biotechnical measures is calculated.

Keywords

water reservoir, abrasion process, abrasion terminant, the most frequent level, shoreline, proposal stabilization.

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Jiří Mika *Stabilizace břehů údolní nádrže Letovice*. Brno, 2014. 90 s., 16 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.
Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Miloslav Šlezingr.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2014



podpis autora

Bc. Jiří Mika

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Dr. Ing. Miloslavu Šlezingrovi, Ph.D. za odborné vedení a rady při vypracovávání diplomové práce.

Obsah

ÚVOD	1
1. PRŮVODNÍ ZPRÁVA	2
1.1 Základní technické a správní údaje	2
1.1.1 Základní údaje	3
1.1.2 Nádrž	3
1.1.3 Hráz	4
1.1.4 Spodní výpusti	4
1.1.5 Asanační výpusti	4
1.1.6 Bezpečnostní přeliv	4
1.1.7 Elektrárna	5
1.1.8 Hydrologické údaje	5
1.1.9 Účinek nádrže	5
1.1.10 Poloha	5
1.2 Zeměpisná orientace – povodí Křetinky	6
1.3 Geodetické podklady	7
1.4 Geologické poměry	7
1.5 Hydrogeologické poměry	9
1.6 Hydrologické poměry	10
1.7 Průmysl	11
1.8 Zemědělství	11
1.9 Lesnictví	12
1.10 Pedologické poměry	12

1.10.1 Půdní druhy	13
1.11 Klimatické poměry	13
1.11.1 Srážkové poměry	13
1.11.2 Teplotní poměry	14
1.11.3 Větrné poměry	14
1.11.4 Zámrzové poměry	14
1.12 Energetické využití toku	15
1.13 Požadavky na odběry	16
1.14 Čistota vod	17
1.15 Rekreační využití	19
1.15.1 Vodní sporty	20
1.15.2 Rybolov	20
1.15.3 Rekreační plavba	20
1.16 Splavnost toku	20
1.17 Říční údolí před stavbou přehrady	21
1.18 Současný stav v okolí přehrady	23
2. TECHNICKÁ ZPRÁVA	24
2.1 Základní technické a správní údaje	24
2.1.1 Základní údaje	25
2.1.2 Nádrž	25
2.1.3 Hráz	26
2.1.4 Bezpečnostní přeliv	26
2.1.5 Hydrologické údaje	26

2.1.6 Účinek nádrže.....	26
2.2 Úvodní část	27
2.3 Popis stávajícího stavu.....	28
2.3.1 Popis zájmové oblasti.....	28
2.4 Stanovení prognózy ústupu břehové čáry	29
2.4.1 Grafické znázornění modifikované metody stanovení A_T	30
2.4.2 Abrazní terminanta A_T	31
2.4.3 Stanovení nejčtetnější hladiny Mn_{max}	31
2.4.4 Určení efektivní délky rozběhu větru L_{ef}	45
2.4.5 Stanovení návrhové výšky vlny h_n	47
2.4.6 Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH	48
2.4.7 Určení střednice h_0	50
2.4.8 Stanovení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a	50
2.4.9 Stanovení sklonu abrazní plošiny α'	51
2.4.10 Vlastní prognóza ústupu břehové čáry	53
2.5 Vlastní návrh úpravy.....	55
2.5.1 Drátokamenné koše – gabiony	56
2.5.2 Oživená kamenná rovinanina	57
2.5.3 Oživený srub z kulatiny.....	58
2.5.4 Oživené kamenné lavice.....	59
2.5.5 Opevnění z kulatiny v kombinaci se stabilizační kamennou patou	60
2.5.6 Aktivní protiabrazní konstrukce z gabionu doplněna porostem rákosin.....	61
2.5.7 Aktivní protiabrazní konstrukce – kamenná lavice s porostem rákosin.....	62

2.5.8 Aktivní protiabrazní konstrukce z dřevěných kůlů a rákosin.....	63
2.6 Technicko-ekonomické zhodnocení.....	64
3. ZÁVĚR.....	70
Seznam literatury.....	71
Seznam obrázků.....	75
Seznam tabulek.....	76
Seznam grafů	78
Seznam příloh	79

Seznam zkratk

ČSN	Česká státní norma
V. N.	vodní nádrž
Ø	průměr
s. p.	státní podnik
s. r. o.	společnost s ručením omezeným
a. s.	akciová společnost
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav

ÚVOD

V současné době má Letovická nádrž ostatně jako většina nádrží nejen v České republice ale i ve světě, problém s ústupem břehové čáry, tedy s abrazí. Břehová abraze je plošné obrušování břehů a dna pohybem vody, tedy vlnění, které je spojené s přemísťováním a ukládáním uvolněného materiálu.

Vypracováním diplomové práce jsem chtěl navrhnout možné varianty řešení stabilizace břehu v zájmové lokalitě Svitavice. Návrhy stabilizace břehů údolní nádrže Letovice jsou podloženy hydrotechnickými výpočty a výkresovou dokumentací. Výkresová dokumentace je uvedena jako příloha. Součástí diplomové práce jsou vizualizace navržených variant řešení stabilizace břehu v zájmové lokalitě a technicko-ekonomický odhad nákladů pro vypracované návrhy stabilizace břehu.

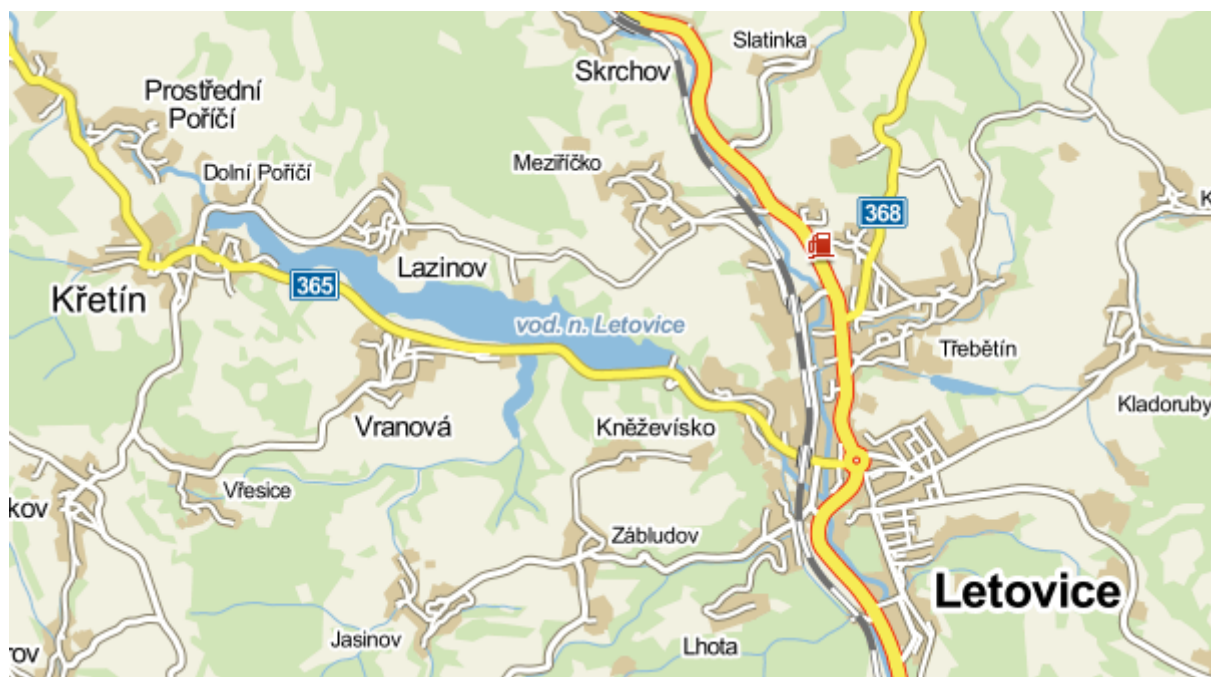
Stabilizace břehu údolní nádrže Letovice v zájmové lokalitě Svitavice přispěje k lepší stabilitě břehu a k zastavení nebo alespoň oddálení ústupu břehové čáry.

1. PRŮVODNÍ ZPRÁVA

1.1 Základní technické a správní údaje

Údolní nádrž Letovice, nazývaná také Křetínka, se nachází asi 35 km severně od Brna. Leží mezi Letovicemi a Křetínem na nejspodnější části toku Křetínky. Křetínka je také přítokem řeky Svitavy a ústí do ní asi po třech kilometrech v Letovicích.

O vybudování nádrže do zdejšího profilu v dostatečně členitém povodí Svitavy bylo rozhodnuto v roce 1969. Následující rok byla schválena projektová dokumentace. Samotná výstavba se uskutečnila v letech 1972 – 1976. Hlavním důvodem pro vybudování nádrže bylo nadlepení průtoků v řece Svitavě, kvůli odběrům podzemní vody pro město Brno. [1]



Obr. 1: Letovice [2]

1.1.1 Základní údaje

Nádrž:	VD Letovice
Název toku:	Křetínka
Kilometráž od nádrže po ústí:	2,92 km
Správce toku:	Povodí Moravy
Závod:	závod Dyje
Výškový systém:	Balt po vyrovnání
Uvedení do provozu:	1976
Účel:	kompenzační nadlepšení průtoků ve Svitavě, zajištění MQ, protipovodňová ochrana, výroba elektrické energie, sportovní rybářství, rekreace

1.1.2 Nádrž

Stálé nadržení:	1,560 mil. m ³
Hladina stálého nadržení:	346,90 m n. m.
Zásobní prostor:	9,015 mil. m ³
Hladina zásobního prostoru:	360,10 m n. m.
Prostor retenční neovladatelný:	1,068 mil. m ³
Hladina retenčního neovladatelného prostoru:	361,10 m n. m.
Celkový objem:	11,643 mil. m ³

1.1.3 Hráz

Typ hráze:	sypaná kamenohlinitá
Těsnění:	střední jílové těsnění
Kóta koruny hráze:	362,30 m n. m.
Šířka koruny hráze:	5,00 m
Délka hráze v koruně:	126,0 m
Výška hráze nade dnem:	28,50 m

1.1.4 Spodní výpusti

Počet x průměr:	2 × 700 mm
Provozní uzávěr:	kuželový
Kapacita při max. hladině:	2 × 3,59 m ³ /s

1.1.5 Asanační výpusti

Počet x průměr:	2 × 150 mm
Kapacita při max. zás. hladině:	1 × 0,180, 1 × 0,204 m ³ /s

1.1.6 Bezpečnostní přeliv

Typ bezpečnostního přelivu:	boční nehrazený
Počet polí x délka přelivu:	1 × 26,6 m
Kóta přelivu:	360,1 m n. m.
Kapacita při max. hladině:	50,6 m ³ /s

1.1.7 Elektrárna

Počet turbín, typ:	2 × Francis, 1 × čerpadlo turbinového provozu
Výkon elektrárny:	1 × 0,098; 1 × 0,049, 1 × 0,065 MW
Hltnost:	0,27-0,46; 0,1-0,25; 0,22-0,34 m³/s
Provozovatel:	Povodí Moravy, s. p.

1.1.8 Hydrologické údaje

Číslo hydrologického pořadí:	4-15-02-034
Plocha povodí:	126,32 km²
Průměrný dlouhodobý roční průtok:	0,644 m³/s
Q ₁₀₀ :	50,000 m³/s
Q _{355d} :	0,091 m³/s

1.1.9 Účinek nádrže

Neškodný odtok:	7,000 m³/s
Minimální odtok:	0,100 m³/s

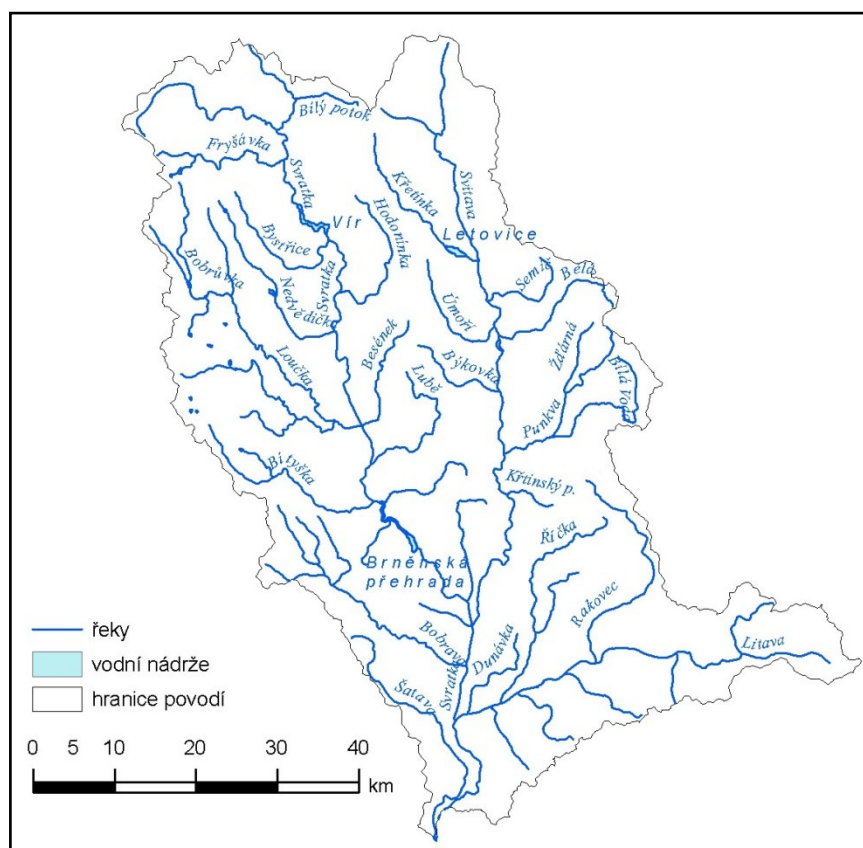
1.1.10 Poloha

Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Blansko
Obec s rozšířenou působností:	Boskovice
Obec:	Letovice
Katastrální území:	Letovice

1.2 Zeměpisná orientace – povodí Křetínky

Řička Křetinka je po Punkvě druhým největším přítokem řeky Svitavy. Pramení v Pardubickém kraji na Svitavské pahorkatině ve výšce 645 m nad mořem. Svitavská pahorkatina patří k největším geomorfologickým celkům České republiky. Svou rozlohou obsadila desáté místo v celkovém počtu 93 geomorfologických celků České republiky. Co Svitavská pahorkatina získala na rozloze, o to přišla na výšce. Nejvyšší vrchol zvaný Baldský vrch dosahuje pouhých 693 m. [3,4]

Dále pak Křetínka pokračuje jihovýchodním směrem a protéká mezi Hornosvrateckou vrchovinou a Boskovickou brázdou. Po necelých 30 km ústí v Jihomoravském kraji jako pravostranný přítok řeky Svitavy v nadmořské výšce 325 m nad mořem.



Obr. 2: Mapa povodí Svratky[5]

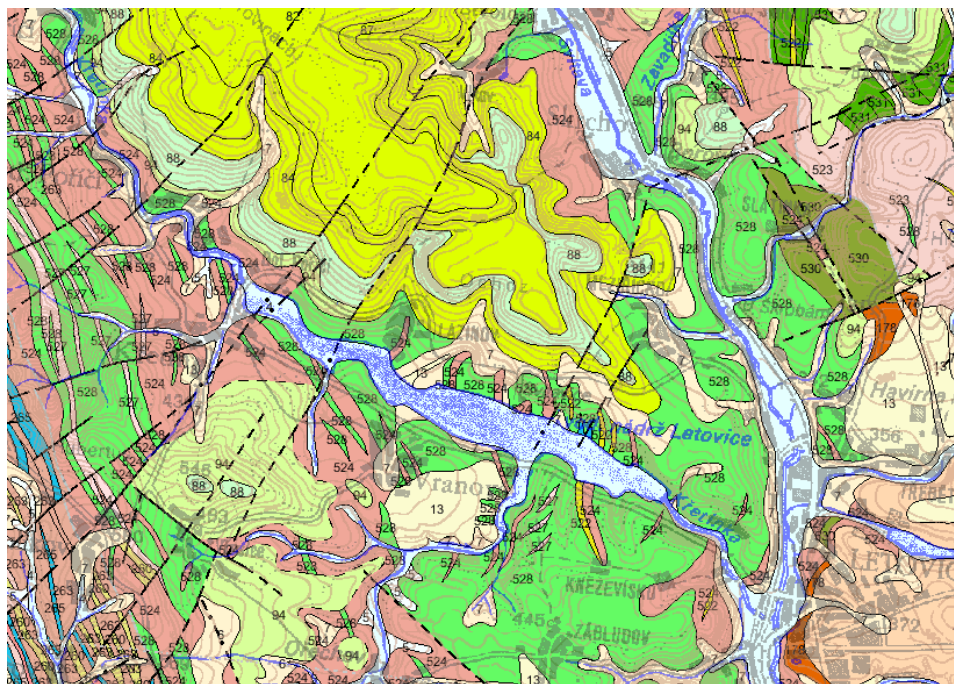
1.3 Geodetické podklady

Základní mapa ČR	měřítko: 1:50 000
Situační zaměření	měřítko: 1:10 000
Základní vodohospodářská mapa	měřítko: 1:50 000

1.4 Geologické poměry

Geologické poměry povodí řeky Svratky jsou velmi pestré a zahrnují v sobě jak nejmladší, tak i nejstarší geologické útvary. Svratka pramení v dvojslídých rulách a spolu se svými přítoky sbírá povrchové vody z povodí složeného většinou z hornin krystalinika.

Povodí Svitavy má ještě pestřejší geologické složení než povodí Svratky. Svitava sbírá své prameny v křídové pánvi zasahující na Moravu z Čech. Její horniny jsou velmi propustné pro povrchovou vodu, v důsledku čehož má Svitava z celého povodí Moravy nejmenší rozkolísanost průtoků. U Letovic do Svitavy ústí Křetínka, jejíž povodí tvoří také většinou křída. U obce Zboněk Svitava proniká do permské Boskovické brázdy, v níž zaústí toky sbírající vody z okraje Českého masivu, přičemž toky z levé strany odvodňují jak část Boskovické brázdy, tak i miocénní pahorkatinu. Pod Blanskem protéká Svitava Brněnským masivem a zleva do Svitavy ústí Punkva a Křtinský potok. Oba tyto toky mají své prameny v kulmských usazeninách Drahanské vrchoviny. [5]



Obr. 3: Mapa geologických poměrů okolí VD Letovice [6]

Legenda:

4: nivní sedimenty (hlína, písek, štěrk)	178: slepenec, brekie	523: svor až fylit
5: splachové sedimenty (hlína, písek, štěrk)	183: jílovec, prachovec, pískovec	524: svor
6: svahové sedimenty (hlína, písek)	260: kvarcit	526: mramor (krystalický vápenec)
7: svahové sedimenty (hlína, kameny)	262: svor	527: ortorula
13: naváté sedimenty (spraš, sprašová hlína)	263: pararula	528: amfibolit
82: arkózovitý pískovec	265: mramor (krystalický vápenec, dolomit)	529: metaultrabazika
84: vápnito-jílovitý pískovec	267: ortorula	530: serpentinit (hadec)
87: vápnitý jílovec, slínovec	271: amfibolit	531: metagabro
88: spongilitický slínovec a prachovec	272: serpentinit (hadec)	
94: jílovec, prachovec, pískovec	522: kvarcit, kvarcitická rula	

1.5 Hydrogeologické poměry

Celý český masiv je tvořen nepropustnými horninami, jen zvětralá málo mocná povrchová vrstva je propustná. Proto po nasycení těchto vrstev povrchovou vodou je odtok daleko rychlejší než na propustném podloží. Jen hlinité pokrývky a sutě na skalním podloží, rybníky, malá sklonitost terénu a hojnost luk zmírňují odtok povrchové vody z této oblasti.

Střední a horní část povodí řeky Svitavy jsou tvořeny propustnými vrstvami ze snadno zvětrávajících rozpadavých hornin. Tyto horniny jsou příčinou mírnění velkých průtoků.

Údolí řek, které vyplňují diluviální a aluviální náplavy jsou ve většině případů velmi propustná. Způsobují to, že při povodních se velká část vody ztrácí v podzemních průlinách a trhlinách půdy inundačního území a tím zmírňují záplavy v dolním toku řeky.

Povodí, v nichž se vyskytuje krystalinikum Českomoravské vrchoviny jsou hydrologicky suché. Vyznačují se nedostatkem spodní vody a pramenů, neboť horniny, tvořící skalní podklad, jsou málo propustné až nepropustné. Proto se v těchto územích vyskytují hlavně prameny puklinové. Výjimku tvoří vložky krystalických vápenců, ty jsou jediným vydatnějším zdrojem podzemních vod krystalinika.






Nejbohatší na vodu je křídový útvar, který se táhne z Čech až do horního a středního povodí Svitavy. Zejména pískovce s nedostatkem tmele mají velké množství průlinové a puklinové podzemní vody. Méně vydatné na průlinovou vodu jsou písčité slíny a vápnité pískovce, jsou však bohaté na puklinové podzemní vody. Díky nepropustným slínům a jílům se v povodí Svitavy vyskytuje i voda s napjatou hladinou. V tomto území u obce Březová nad Svitavou v části nazývané Muzlov, zachycuje město Brno asi 300 l/s pro svůj tzv. březovský vodovod. [5]

1.6 Hydrologické poměry

Svitava pramení severozápadně od města Svitavy u obce Javorník ve výšce 465 m n. m. Postupně protéká okresy Svitavy v Pardubickém kraji a okresy Blansko, Brno-venkov, Brno město v Jihomoravském kraji. Směr toku je převážně jižní a jen ve svém dolním toku je mírně meandrující. Svitava ústí do Svratky u Brna ve výšce 192 m n. m. Hlavní přítoky Svitavy: zleva Hynčický potok, Bělá, Punkva, Křtínský potok, zprava Křetínka, Úmoří a Býkovka. [5]

Křetínka pramení severně od obce Stašov v nadmořské výšce 645 m. Směr toku je převážně jižní až mírně jihovýchodní. Na dolním toku Křetínky byla v roce 1976 postavena vodní nádrž Letovice. Hlavním důvodem výstavby bylo nadlepení průtoků řeky Svitavy. Délka toku je 29,54 km. Křetínka ústí ve městě Letovice do řeky Svitavy v nadmořské výšce 325 m nad mořem.

Tabulka č. 1: Hydrologické poměry řeky Křetínky. [7]

Stanice: LG Prostřední Poříčí		Tok: Křetínka				
Povodně						
	1. stupeň povodňové aktivity:	110 [cm]				
	2. stupeň povodňové aktivity:	150 [cm]				
	3. stupeň povodňové aktivity:	190 [cm]				
	3. stupeň povodňové aktivity (extrémní ohrožení):	225 [cm] (Q50)				
Poznámka:						
Sucho						
	Q355:	0,08 [m ³ .s ⁻¹]				
N-leté průtoky [m ³ .s ⁻¹]						
Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
7,5	10,5	16,5	22	28	37,5	46
Historické povodně (3 nejvyšší zaznamenané po dobu pozorování)						
31.3.2006	22,6 [m ³ .s ⁻¹]	N ~ 10				
	[m ³ .s ⁻¹]	N ~				
	[m ³ .s ⁻¹]	N ~				

1.7 Průmysl

V zájmové lokalitě se nacházejí tři významnější podniky. V obci Stašov je Akciová společnost M-SILNICE, a.s., která je součástí společnosti Medis Holding a.s. Hradec Králové. Tato firma se zabývá těžbou kamene v místním lomu.[8] Ve městě Letovice je společnost Tylex Letovice, a. s. Tato společnost se zabývá výrobou záclon, pletených úpletů, speciálních technických textilií a také výrobou tylů a krajek.[9] Další významnou společností jsou Letovické strojírný s. r. o. Letovické strojírný jsou strojírenskou společností a patří mezi výrobce a dodavatele v segmentu výroby a dodávek dílů, svařovaných sestav a montovaných skupin pro výrobce zemědělské, dopravní a manipulační techniky. [10] Tyto podniky jsou zde zmíněny z proto, že průmyslové podniky bývají potenciálními znečišťovateli toku, ale také potencionálními odběrateli vody.

1.8 Zemědělství

V zájmové oblasti se nachází tři významné zemědělské velkovýroby. Ve městě Bystré je AGRO Vysočina Bystré, a.s., která se zabývá zemědělskou a pekárenskou výrobou. V tomto podniku je 1 100 kusů českého strakatého skotu. Z toho je asi 500 kusů dojnic a 150 kusů býků. Roční výroba mléka je asi 2,4 mil. litrů. Dále tato společnost hospodaří na 1700 ha zemědělské půdy. Z toho je 1 350 ha orné půdy a zbytek zaujímají trvalé travní porosty. Pozemky spadají do bramborářsko – obilné výrobní oblasti. [11] Ve městě Letovice má sídlo firma LEDEKO, a.s. V rámci živočišné výroby se firma specializuje na výrobu mléka a okrajově na výrobu hovězího a vepřového masa. Roční výroba mléka je okolo 3,8 mil. litrů mléka od 450 krav vysokoprodukčního holštýnského plemene. Chov 450 krav, 200 jalovic, 650 prasat a 200 kusů býku je rozdělen do tří farem v Letovicích – Třeběříně, v obci Prostřední Poříčí a v obci Deštná. Dále společnost hospodaří na 3 200 ha zemědělské půdy, z toho orná půda zaujímá 2 800 ha a na zbytku výměry se obdělávají trvalé travní porosty. Nosnou plodinou je pšenice ozimá, ječmen jarní, řepka ozimá a triticales, v menší míře pak pšenice jarní a žito ozimé. Pro zabezpečení krmiva pro živočišnou výrobu pěstuje společnost kukuřici, vojtěšku, jetelovinu a traviny. [12] Další významnou společností je zemědělské družstvo vlastníků Nýrov. Zemědělské družstvo obhospodařuje zhruba 1 250 ha zemědělské půdy, z toho třetinu tvoří travní

porosty, zbytek je orná půda. Na většině orné půdy se pěstují obiloviny, zejména ozimá pšenice, triticales nebo jarní ječmen, zbytek ploch zaujímá řepka, mák, kukuřice a krmné plodiny. Dále se družstvo zaměřuje na chov skotu, zejména na výrobu mléka, chová také stádo masných krav. Družstvo se stará asi o 200 kusů skotu.[13]

Drobní zemědělci se zaměřují na pěstování pšenice ozimé, ječmene jarního a brambor. Dále také na chov prasat a krav, ale to převážně pro vlastní potřebu.

V zájmové oblasti jsou také obce, které mají rybářské podniky. V obci Jedlová jsou rybníky o celkové ploše 85 ha a v obci Stašov jsou rybníky o celkové ploše 20 ha.

Tyto podniky jsou zde zmíněny z důvodu možného znečištění toku a potřeby vody, ale také jsou zde zmíněny kvůli znalosti využívání půdních fondů. Znalost využívání půdního fondu je důležitá jak pro návrhy úpravy okolí toku, tak i pro úpravy okolí nádrže.

1.9 Lesnictví

V současné době lesy zaujímají pouze ostrovy v převážně odlesněné krajině. V povodí Křetínky lesy zaujímají asi 30%, pole 40%, louky a pastviny 15% z celkové plochy povodí. Zbýlých 15% zaujímá zástavba a jiné. V severní části povodí převažují lesy jehličnaté a v jižní části povodí přecházejí jehličnaté lesy v lesy smíšené. V bezprostřední blízkosti vodní nádrže Letovice jsou stromy listnaté i jehličnaté. Nejhojnějším zástupcem listnatých stromů je bříza a zástupcem jehličnatých stromů je borovice.

1.10 Pedologické poměry

Půdu lze chápat jako samostatný přírodně historický útvar, který vznikl v důsledku působení vnějších činitelů na mateční horninu. Geologický i biologický koloběh látek se vzájemně prolínají a jejich výsledným přirozeným projevem je půdotvorný proces. Kvalita půdotvorného procesu je závislá na půdotvorných faktorech a podmínkách, ve kterých se půda vyvíjí. [14]

1.10.1 Půdní druhy

Horní část povodí Svitavy tvoří těžké půdy křídové, hlavně slíny. Boskovická brázda protékaná Svitavou i Svratkou má půdy středního typu, tj. obyčejné hlíny a mělké kamenité půdy. V oblasti povodí Křetínky a střední části toku Svitavy jsou plošně nejvýznamněji zastoupeny hnědé půdy kyselé. Tyto půdy jsou typické pro pahorkatiny a vrchoviny. Dalším půdním typem, jenž se vyskytuje převážně v úzkém pásu mezi Letovicemi a Hradcem nad Svitavou, jsou hnědé půdy se surovými půdami. Surové půdy jsou charakteristické tím, že skalní podloží vystupuje nedaleko povrchu. [5,15]

1.11 Klimatické poměry

Zájmová oblast se nachází na přelomu klimatických oblastí MT3 a MT7. Klimatické oblasti Quitt 1971 vycházejí z klimatických dat období 1901 – 1950 a 1926 – 1950. Povodí Křetínky patří převážně do klimatické oblasti MT3. Tato oblast se dá dále charakterizovat jako mírně teplá, mírně vlhká s mírnou zimou.[16]

1.11.1 Srážkové poměry

V celém povodí Svitavy obecně převažuje nedostatek srážek. Srážek přibývá směrem k severu a severozápadu v oblastech s vyšší nadmořskou výškou. Průměrný roční úhrn srážek na povodí Svitavy je 600 mm. Například v roce 2012 byl srážkově silně podnormální březen a v roce 2013 červenec. Naopak srážkově nadnormální byl v roce 2012 leden. [17]

Počet srážkových dní za rok v horní části povodí Křetínky je 110 - 120 dní a v dolní části povodí 100 - 120 dní. Počet dní se sněhovou pokrývkou se pohybuje v horní části povodí okolo 60 - 100 dní a v dolní části povodí 60-80 dní. Dní s jasnou oblohou je v zájmové oblasti okolo 135 a zatažených dní 45. [16]

1.11.2 Teplotní poměry

Průměrná roční teplota na povodí Svitavy je +7,4 °C. Například v roce 2012 byl teplotně silně nadnormální srpen a listopad. Naopak teplotně silně podnormální byl únor. Měření teplot proběhlo ve stanicích ČHMÚ Brno – Tuřany a Svratouch. Stanice Brno – Tuřany je poblíž ústí Svitavy do Svatky a stanice Svratouch se nachází nedaleko pramene Křetínky.

Tabulka č. 2: Průměrné měsíční teploty v roce 2013. [19]

Stanice	Měsíc											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
průměrná měsíční teplota [°C]												
Brno - Tuřany	-1,3	0,5	1,3	10,5	14,1	17,9	22,2	20,9	13,8	10,5	5,6	2,1
Svratouch	-3,1	-2,8	-2,2	6,9	10,7	14,5	18,3	17,2	10,5	8,6	2,7	0,0

Celkový počet ledových dnů tedy počet dnů s maximální denní teplotou nižší než 0°C se v povodí Křetínky pohybuje od 40 do 50 dní. Začátek vegetační doby, která začíná v březnu, trvá 197 až 234 dny a končí v listopadu, je dán nástupem průměrné teploty 5°C. Počet dní s teplotou alespoň nad 10°C, co tedy označujeme, za období plné vegetace, se pohybuje od 120 do 160 dní. [16]

1.11.3 Větrné poměry

V povodí Křetínky působí větrné proudy jižní, západní a severozápadní. Na směry větru lokálně působí morfologie terénu. Nejmenší rychlost větru je obvykle v létě a největší na jaře. Průměrná rychlost větru v oblasti Letovické nádrže je 15 m/s. [20]

1.11.4 Zámrzové poměry

Ledové jevy se vyskytují už na začátku prosince, nejpozději ke konci března. Souvislá ledová plocha se tvoří v první polovině prosince a trvá nejpozději do konce března. Průměrně 45 dní se na vodní nádrži vyskytují ledové jevy. V roce 2013 dosáhla tloušťka ledové plochy pouhých 14 cm. Obvykle tloušťka ledu v zimním období dosahuje 25 až 30 cm. [21]

1.12 Energetické využití toku

V České republice nejsou přírodní poměry pro budování vodních energetických děl ideální. Naše toky nemají potřebný spád ani dostatečné množství vody. Proto je Česká republika předurčena svou geografickou polohou k využití vodní energie v malých vodních elektrárnách s malým výkonem do 100 kW. Díky tomu je podíl výroby elektrické energie ve vodních elektrárnách na celkové výrobě v ČR poměrně nízký. Vodní elektrárny se na celkovém instalovaném výkonu v České republice podílejí 17% a na výrobě elektrické energie 4%.[22]

Hydrologické podmínky toků v Jihomoravském kraji jsou ve srovnání se všemi ostatními kraji v České republice nejméně příznivé. Je to ovlivněno jak malou vodnatostí toků, tak i malými spády toků. Využití hydro - energetického potenciálu na řece Svitavě z hlediska objemu výroby je 70% a na Křetínce 40%. [23]

K výrobě elektrické energie je důležité optimálně využívat energetický potenciál toku. V mnoha případech tomu tak v Jihomoravském kraji není. Ke snížení využití potenciální energie toku dochází díky zastaralé technologii, která vlivem nízké účinnosti provozu působí značné škody na výrobě elektrické energie. Lze říci podle správy Hodnocení využitelnosti obnovitelných zdrojů energie, kterou si zadalo město Brno, že zhruba 70% vodních elektráren v Jihomoravském kraji je vybaveno turbínami z třicátých až padesátých let, jsou tedy staré 50 až 80 let. Účinnost takových soustrojí je zhruba 65% na rozdíl od moderních turbín, které mají účinnost až 90%. Také průtočné množství často není využito optimální velikostí turbín, které jsou někde předimenzované a jinde zase nevyužívají v průběhu roku optimálně M – denní průtočnou dispozici. [22,23]

Na vodní nádrži Letovice byla dodatečně osazena malá vodní elektrárna. V elektrárně jsou osazeny celkem tři turbíny, které využívají spád vody napojením na potrubí spodních výpustí. Jedna turbína typu Francis má hltlost $0,46 \text{ m}^3/\text{s}$ a výkon až 98 kW. Druhá turbína typu Francis má hltlost $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ a výkon 49 kW. Soustrojí s čerpadlem v turbínovém provozu má hltlost $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$ a výkon 0,65 kW. Kombinace těchto typů turbín umožňuje optimálně využívat daný odtok z nádrže. [1]



Obr. 4: Pohled na sypanou kamenitohlinitou hráz a MVE na v. n. Letovice.

1.13 Požadavky na odběry

Povolení k nakládání s vodami v oblasti údolní nádrže Letovice má jen Povodí Moravy s. p., Brno. Tento podnik má povolení za účelem akumulace a vzdouvání vody na Křetínce pro kompenzační nadlepení průtoků v řece Svitavě, zajištění MQ, protipovodňové ochrany, výroby elektrické energie, sportovní rybářství, rekreace.

Údaje o hltnostech turbín na malé vodní elektrárně jsou popsány v kapitole 1.12 Energetické využití toku, viz výše.

Vodní nádrž Letovice nebyla vybudována za účelem zajištění vody pro vodárenské účely ani za účelem odběru vody pro závlahy. Tedy nemá žádné další odběratele.[1]

1.14 Čistota vod

Vodní nádrž Křetínka byla postavena primárně za účelem nadlepšení průtoků v řece Svitavě. Sekundárním účelem je protipovodňová ochrana, výroba elektrické energie, sportovní rybářství, rekreace. Z důvodu rekreace se na nádrži musí sledovat kvalita koupací vody. Kvalitu koupací vody sleduje Krajská hygienická stanice Brno.

Každá koupací voda může obsahovat mikroorganismy, které u člověka mohou vyvolat různě závažná infekční onemocnění, nejčastěji střevní nebo žaludeční potíže, méně často pak například horečnaté onemocnění nebo zánětlivá onemocnění očí a uší. Původci těchto nákaz se do povrchových vod dostávají z odpadních vod, výkalů zvířat, uhynulých zvířat, nebo i z koupajících se osob. Zda konkrétní koupací voda představuje zdravotní riziko, se zjišťuje pomocí mikrobiologických rozborů vody. Laboratoře však kromě zvláštních případů nezjišťují přítomnost choroboplodných mikroorganismů, ale pouze stanovují bakterie, které žijí běžně ve střevních traktech lidí a zvířat a pro člověka jsou neškodné. Je dokázáno, že na místech s vyšším výskytem těchto bakterií je nákaza onemocněním způsobeným patogenními mikroorganismy mnohem pravděpodobnější. Podle platné legislativy se stanovují dvě skupiny indikátorových bakterií: *Escherichia coli* a střevní enterokoky. Kontrola vody ovšem není nepřetržitá a výskyt znečištění se může poměrně rychle měnit. Proto se až na výjimky nehodnotí jednotlivé rozborů, ale souhrnné výsledky za předešlé čtyři koupací sezóny. Vždy po koupací sezóně se koupací voda zařadí do jedné ze čtyř kategorií – výborná, dobrá, přijatelná a nevyhovující.

Kvalita vody je také ovlivňována přítomností vodního květu. Například sinice mohou být ve vodě zpozorovány jako zelený zákal, kulaté či jehličkovité útvary velké i několik centimetrů. Sinice mohou produkovat látky škodlivé lidskému zdraví, jejichž stanovení se však běžně neprovádí. Jako riziková se již bere samotná přítomnost sinic. I když se výskyt sinic v blízkosti koupacího místa může měnit, má zde větší význam aktuální hodnocení kvality vody. Přesto se však může stát, že aktuální hodnocení koupací vody je příznivé, nicméně situace na místě tomu neodpovídá. Od posledního odběru se totiž může stav koupací vody zhoršit. Proto je také vždy důležité spoléhat na vlastní úsudek. [24]

Za účelem ochrany čistoty vod je kolem nádrže stanoveno ochranné pásmo o šířce přibližně 25 m. V tomto pásmu je zakázána zemědělská činnost, stavby budov, vypouštění odpadních vod a parkování vozidel.



Obr. 5: Vodní květ na vodní nádrži Letovice

Vodní nádrž Letovice při hodnocení koupacího profilu dosáhla na klasifikaci výborná kvalita vody, která je ohodnocena třemi hvězdami. Klasifikace se provádí podle mikrobiologických ukazatelů, které ukazují na riziko možné nákazy infekčním onemocněním.

Klasifikace je provedena z dat za období 2009 - 2012 a je platná pro celou koupací sezónu.



Obr. 6: Hodnocení koupacího profilu pro sezónu 2013. [26]

Koupaliště ve volné přírodě

Rok 2013
Počet odběrových termínů: 21

Lokalita (okres) / Datum [den.měsíc]	13.05	20.05	27.05	03.06	10.06	12.06	17.06	20.06	24.06	01.07	08.07	15.07	18.07	22.07	29.07	05.08	12.08	19.08	26.08	02.09	09.10
Letovice - Vranová (BK)	😊	X	X	X	😊	X	X	X	X	X	😊	X	X	X	X	😊	X	X	X	X	X
Letovice - Svitavice (BK)	😊	X	X	X	😊	X	X	X	X	X	😊	X	X	X	X	😊	X	X	X	X	X

Rok 2012
Počet odběrových termínů: 22

Lokalita (okres) / Datum [den.měsíc]	14.05	21.05	28.05	04.06	11.06	18.06	25.06	28.06	02.07	09.07	16.07	23.07	30.07	06.08	13.08	20.08	27.08	17.09	18.09	25.09	01.10
Letovice - Vranová (BK)	😊	X	X	X	😊	X	X	X	X	😊	X	X	X	😊	X	X	X	X	X	X	X
Letovice - Svitavice (BK)	😊	X	X	X	😊	X	X	X	X	😊	X	X	X	😊	X	X	X	X	X	X	X

Rok 2011
Počet odběrových termínů: 16

Lokalita (okres) / Datum [den.měsíc]	16.05	23.05	30.05	06.06	13.06	20.06	27.06	04.07	11.07	18.07	25.07	01.08	08.08	15.08	22.08	29.08
Letovice - Vranová (BK)	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X
Letovice - Svitavice (BK)	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X

Rok 2010
Počet odběrových termínů: 17

Lokalita (okres) / Datum [den.měsíc]	17.05	24.05	31.05	01.06	07.06	14.06	15.06	21.06	28.06	12.07	19.07	26.07	02.08	03.08	09.08	16.08	23.08
Letovice - Vranová (BK)	X	😊	😊	X	X	😊	X	X	😊	😊	X	😊	X	X	😊	X	😊
Letovice - Svitavice (BK)	X	😊	😊	X	X	😊	X	X	😊	😊	X	😊	X	X	😊	X	😊

Rok 2009
Počet odběrových termínů: 15

Lokalita (okres) / Datum [den.měsíc]	18.05	19.05	25.05	01.06	08.06	15.06	29.06	07.07	13.07	20.07	27.07	03.08	10.08	17.08	24.08
Letovice - Vranová (BK)	X	X	😊	😊	X	😊	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊
Letovice - Svitavice (BK)	X	X	😊	😊	X	😊	😊	X	😊	X	😊	X	😊	X	😊

LEGENDA:

😊 voda vhodná ke koupání

😬 voda vhodná ke koupání se zhoršenými
smyslově postižitelnými vlastnostmi

😞 zhoršená jakost vody

😡 voda nevhodná ke koupání

😱 voda nebezpečná ke koupání

X měření nebylo provedeno

Obr. 7: Výsledky jakosti vody v koupací v sezóně. [25]

1.15 Rekreační využití

V okolí Letovické nádrže je velké množství rekreačního využití. Počínaje možností koupání na plážích, chytání ryb, využití turistických stezek a cyklotras kolem břehů nádrže až konče návštěvou vinných sklípků, restaurací či Letovického zámku, kde se pořádá mnoho kulturních akcí.

V okolí nádrže je také možné najít ubytování a to nejen v penzionech a hotelech ale i ve dvou kempech. Kemp Orlí hnízdo se nachází na pravém břehu nádrže v obci Vranová a druhý kemp Svitavice se nachází na levém břehu nádrže v oblasti nazývaná Svitavice. Najdete zde i TJ Sokol Letovice- jachetní oddíl a naturistický areál.

1.15.1 Vodní sporty

Rozlehlá vodní plocha Letovické nádrže nabízí kromě koupání také možnost provozovat jachting, windsurfing, potápění.

TJ Sokol Letovice - jachetní oddíl pořádá na Letovické nádrži již dvanáctým rokem závod zvaný Křetínská sranda regata. Tato regata se stala velice oblíbenou a každý rok přiláká více soutěžících i diváků. [27]

1.15.2 Rybolov

Mimopstruhový rybářský revír 461 068 - KŘETÍNKA 1 sahá od hráze údolní nádrže až po konec vzduť u mostu, který spojuje obec Křetín s obcí Dolní Poříčí. Každý, kdo vlastní oprávnění k lovu, se musí řídit návštěvním řádem. Návštěvní řád je umístěn na tabulích, které jsou na všech parkovištích a přístupových cestách. Od začátku travnatého porostu až po horní hranici revíru se nachází chráněný úsek neboli trdliště, kde je zákaz lovu do 15. 6. V revíru je lov z loďek povolen. Nejmenší lovné a horní míry vybraných druhů ryb v rybářském revíru jsou: kapr 45 - 70 cm, cejn 30 cm, amur 60 cm, štika 55 cm, sumec 90 cm. [28]

1.15.3 Rekreační plavba

Rekreační plavbu na Letovické nádrži je možné provozovat do výskytu ledových jevů. Ledové jevy se na nádrži začínají tvořit na začátku prosince a mohou trvat až do března. Více o rekreační plavbě v kapitole 1.15.1 Vodní sporty nebo v kapitole 1.16 Splavnost toku. [29]

1.16 Splavnost toku

Křetínka je splavná pouze pro vodáky tudíž není evidována jako vodní cesta. Šířka koryta se pohybuje od 4 do 6 m. Nejlépe sjízdná je při jarním tání nebo po příválových deštích. To se Křetínka promění ve velmi svižnou a peřejnatou říčku. [29]

Na dolní části toku se nachází vodní nádrž Letovice, která je využívána z pohledu plavby jen jachtaři, windsurfaři a rybáři. Lodní doprava se na nádrži neprovozuje a je zde zakázána plavba se spalovacím a vznětovým motorem.

1.17 Říční údolí před stavbou přehrady

Ještě před samotným projektem a výstavbou nádrže je prvořadé najít důvod výstavby. Na Křetínce jich bylo hned několik. Jeden z důvodů byl, že na přelomu devatenáctého a dvacátého století postihly Moravu velké povodně, takže se začalo přemýšlet, jak těmto záplavám zamezit. Nejjednodušší by bylo postavit přehradu na řece Svitavě, ale bohužel povodí Svitavy je ve většině úzké a navíc v celé délce v souběhu s řekou vede železniční trať. Tedy výstavba na řece Svitavě by byla velice nákladná a složitá. Jako jedinou možností se jevilo postavit nádrž na přítoku řeky Svitavy a jedním z největších přítoků je právě Křetínka. Kvůli nedostatku peněz a první světové válce k stavbě nedošlo.

O vybudování přehrady na Křetínce se znova začalo mluvit až po druhé světové válce ale intenzivněji se o výstavbě začalo jednat až v šedesátých letech. V roce 1964 započala v obci Březová nad Svitavou v části nazývané Muzlov výstavba takzvaného březovského vodovodu, který měl zajistit zásobování Brna pitnou vodou. Zdrojem pro vodovod byla prameniště v Březové-Brněnci a Muzlově. Tyto odběry podzemní vody se bohužel projeví na ochuzení průtoků ve Svitavě.

Z důvodu nadlepšení průtoků v řece Svitavě se rozhodlo o výstavbě vodní nádrže na Křetínce. V roce 1970 byl projekt schválen Ministerstvem lesního a vodního hospodářství a v roce 1972 započala výstavba.

Jediný možný profil z hlediska geologického a morfologického byl asi 3 km severně od Letovic. Kvůli přehradě přišlo o svoje domy několik desítek lidí z obce Lazinov. Bylo zbouráno okolo 55 domů. Nová obec Lazinov byla postavena nad zátopovou oblast.

Zátopovou oblast o velikosti 111 ha tvořila nijak zvlášť úrodná půda a louky. Proto také byla tato oblast vhodná pro výstavbu přehrady. Celkové náklady na výstavbu přehrady činily 127,263 milionu korun.



Obr. č. 8: Před výstavbou přehrady – Lazinov s vodním tokem Křetínkou. [30]



Obr. 9: Před výstavbou přehrady – pohled z místa mezi Lazínem a Křetínem. [30]

1.18 Současný stav v okolí přehrady

V okolí Letovické nádrže převažuje porost smíšeného charakteru. V zastoupení jehličnatých dřevin převažuje borovice lesní a smrk ztepilý. Z listnatých pak bříza bílá, olše a vrba. Z nižších dřevin tvořící podrost převažuje růže šípková a bez černý.

Břehy jsou tvořeny středně uhlými zahliněnými štěrkopísky. Mocnost lesní půdy neboli lesní hrabanky je okolo 20 cm.

Značná část nádrže je zasažena abrazním poškozením. Výška abrazních srubů na nádrži dosahuje 3 metrů. Největší poškození se nachází na levém břehu nádrže v oblasti zvané Svitavice, kde abrazní sruby dosahují až 3 metrů.



Obr. 10: Současný stav – pohled z hráze na nádrž.

2. TECHNICKÁ ZPRÁVA

2.1 Základní technické a správní údaje

Údolní nádrž Letovice, nazývaná také Křetínka, se nachází asi 35 km severně od Brna. Leží mezi Letovicemi a Křetínem na nejspodnější části toku Křetínky. Křetínka je přítokem řeky Svitavy a ústí do ní asi tři kilometry od nádrže.

O vybudování nádrže do zdejšího profilu v dostatečně členitém povodí Svitavy bylo rozhodnuto v roce 1969. Následující rok byla schválena projektová dokumentace. Samotná výstavba se uskutečnila v letech 1972 – 1976. Hlavním důvodem pro vybudování nádrže bylo nadlepení průtoků v řece Svitavě, kvůli odběrům podzemní vody pro město Brno.



Obr. 11: Vodní nádrž Letovice na leteckém snímku [2]

2.1.1 Základní údaje

Nádrž:	VD Letovice
Název toku:	Křetínka
Délka toku:	29 km
Správce toku:	Povodí Moravy
Závod:	závod Dyje
Uvedení do provozu:	1976
Účel:	kompensační nadlepení průtoků ve Svitavě, zajištění MQ, protipovodňová ochrana, výroba elektrické energie, sportovní rybářství, rekreace

2.1.2 Nádrž

Stálé nadržení:	1,560 mil. m ³
Hladina stálého nadržení:	346,90 m n. m.
Zásobní prostor:	9,015 mil. m ³
Hladina zásobního prostoru:	360,10 m n. m.
Prostor retenční neovladatelný:	1,068 mil. m ³
Hladina retenčního neovladatelného prostoru:	361,10 m n. m.
Celkový objem:	11,643 mil. m ³

2.1.3 Hráz

Typ hráze:	sypaná kamenohlinitá
Těsnění:	střední jílové těsnění
Kóta koruny hráze:	362,30 m n. m.
Šířka koruny hráze:	5,00 m
Délka hráze v koruně:	126,0 m
Výška hráze nade dnem:	28,50 m

2.1.4 Bezpečnostní přeliv

Typ bezpečnostního přelivu:	boční nehrazený
Počet polí x délka přelivu:	1 × 26,6 m
Kóta přelivu:	360,1 m n. m.
Kapacita při max. hladině:	50,6 m ³ /s

2.1.5 Hydrologické údaje

Číslo hydrologického pořadí:	4-15-02-034
Plocha povodí:	126,32 km ²
Průměrný dlouhodobý roční průtok:	0,644 m ³ /s
Q _{355d} :	0,091 m ³ /s

2.1.6 Účinek nádrže

Neškodný odtok:	7,000 m ³ /s
Minimální odtok:	0,100 m ³ /s

2.2 Úvodní část

Cílem diplomové práce je statisticky vyhodnotit výšky hladin na Letovické nádrži v desetiletém cyklu, provést hydrotechnické výpočty k určení abrazní terminanty a stanovit prognózu ústupu břehové čáry na nejvíce poškozené části břehu údolní nádrže. Po stanovení prognózy ústupu břehové čáry následují návrhy možné stabilizace poškozených břehů v zájmové lokalitě a technicko-ekonomické zhodnocení.

Pro zpracování diplomové práce byly použity mapové podklady: přehledná situace dané oblasti v měřítku 1:10 000, mapa České republiky v měřítku 1:50 000 a Základní vodohospodářská mapa v měřítku 1: 50 000. Dalším podkladem pro zpracování diplomové práce byly denní výšky hladin za období 2003 - 2012, které poskytl státní podnik Povodí Moravy.

Nedílnou součástí podkladů pro zpracování diplomové práce byly výsledky z rekognoskace terénu a fotodokumentace zájmové oblasti.



Obr. 12: Vyznačená zájmová oblast na vodní nádrži Letovice. [31]

2.3 Popis stávajícího stavu

2.3.1 Popis zájmové oblasti

Zájmová oblast se nachází na levém břehu údolní nádrže Letovice, zhruba 1 km za obcí Lazinov. V blízkosti řešené lokality se nachází rekreační středisko o rozloze 1,5 ha. Díky rekreačnímu středisku, které zahrnuje hotel, restauraci, statek a kemp, je tato oblast hojně využívána rybáři a turisty. Rekreační středisko má na stav břehů negativní vliv, a to kvůli vyšlapávání cestiček, poškozování či kácení dřevin rekreanty a rybáři, což má za následek snížení stability břehů.

Největší abrazní sruby se v zájmové lokalitě nachází v ose hlavního směru větru, který byl stanoven jako západní. Zde je výška abrazních srubů zhruba 3 m. Nalevo i napravo od osy hlavního směru větru dosahují abrazní sruby výšky okolo 2 m. Nejmenší výška abrazního srubu v zájmové lokalitě je 0,7 m. Délka řešené lokality je 125 m.

Břehy zájmové lokality přímo navazují na zemědělsky využívanou půdu a jsou převážně tvořeny štěrky s příměsí jemnozrnných zemin. Stejně tak i abrazní srub je tvořen převážně štěrky s příměsí jemnozrnných zemin.

Vegetační doprovod břehu je smíšeného charakteru. V zastoupení jehličnatých dřevin převažuje borovice lesní. Z listnatých pak bříza bílá a olše. Z nižších dřevin tvořících podrost převažuje růže šípková a bez černý.

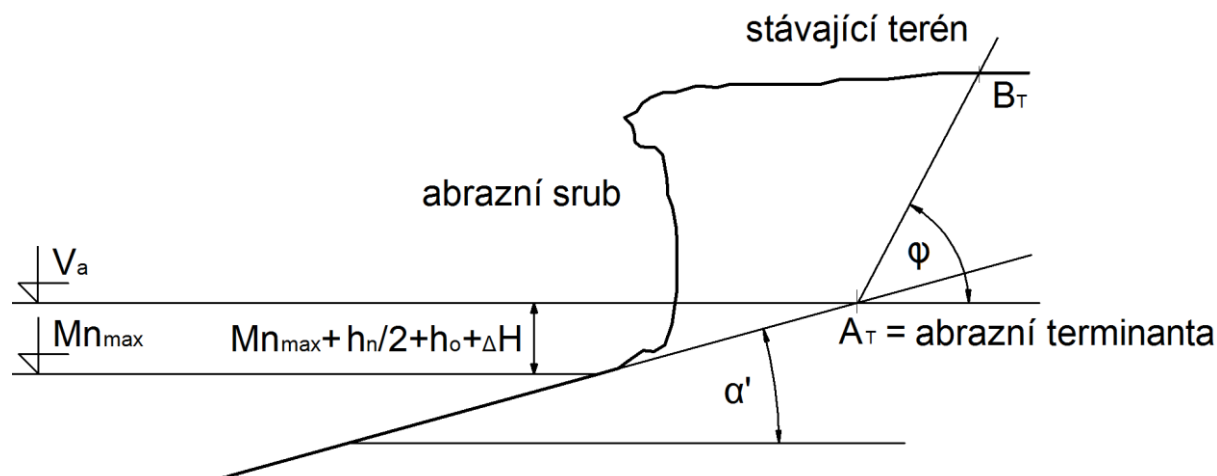


Obr. 13: Abrazní srub v zájmové oblasti Svitavice na vodní nádrži Letovice.

2.4 Stanovení prognózy ústupu břehové čáry

Prognóza ústupu břehové čáry má v obecné rovině dlouhodobý charakter, a to především pokud se jedná o dosažení bodu maximálního ústupu břehové čáry B_T a bodu abrazní terminanty A_T . Dosažení bodu A_T , tedy abrazní terminanty, je záležitost na mnoho desítek let. U většiny nádrží k dosažení bodu A_T samovolně nedojde, případně dosažení tohoto bodu bude vzhledem k provedeným stabilizačním opatřením výrazně časově odsunuto.

Pro stanovení prognózy ústupu břehové čáry byla použita modifikovaná metoda stanovení abrazní terminanty. Při použití této metody je nezbytné pro stanovení ústupu břehové čáry znát nejčtenější hladinu na nádrži Mn_{max} , návrhovou výšku vlny h_n , výšku nahnání hladiny větrem ΔH , střednici vlny h_o , úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a , sklonu abrazní plošiny α' a úhel vnitřního tření materiálu, jímž je tvořen abrazní srub v dané oblasti. Po dosazení těchto hodnot do vzorců dostaneme body A_T a B_T , které reprezentují ústup břehové čáry.

2.4.1 Grafické znázornění modifikované metody stanovení A_T 

Obr. 14: Schéma určení abrazní terminanty a stanovení prognózy ústupu břehové čáry [32]

A_T abrazní terminanta

B_T bod maximálního ústupu břehové čáry (hledaný bod)

Mn_{max} nejčtenější hladina [m n. m.]

V_a nadmořská výška paty abrazního srubu [m n. m.]

α' sklon obrazní plošiny [°]

φ úhel vnitřního tření zeminy [°]

Podle výše uvedeného schématu je určena abrazní terminanta ve všech zaměřených profilech nejvíce ohrožené části břehu vodní nádrže Letovice. Nejvíce ohrožené území se nachází asi 130 m západně od oblasti zvané Svitavice. Vynesením hodnoty úhlu vnitřního tření zeminy φ tvořící břeh zájmové oblasti nádrže je pak stanovena prognóza ústupu břehové čáry.

Příčné řezy, kde jsou vyneseny body A_T a B_T jsou přiloženy ve výkresové dokumentaci jako příloha č. 2 až 7.

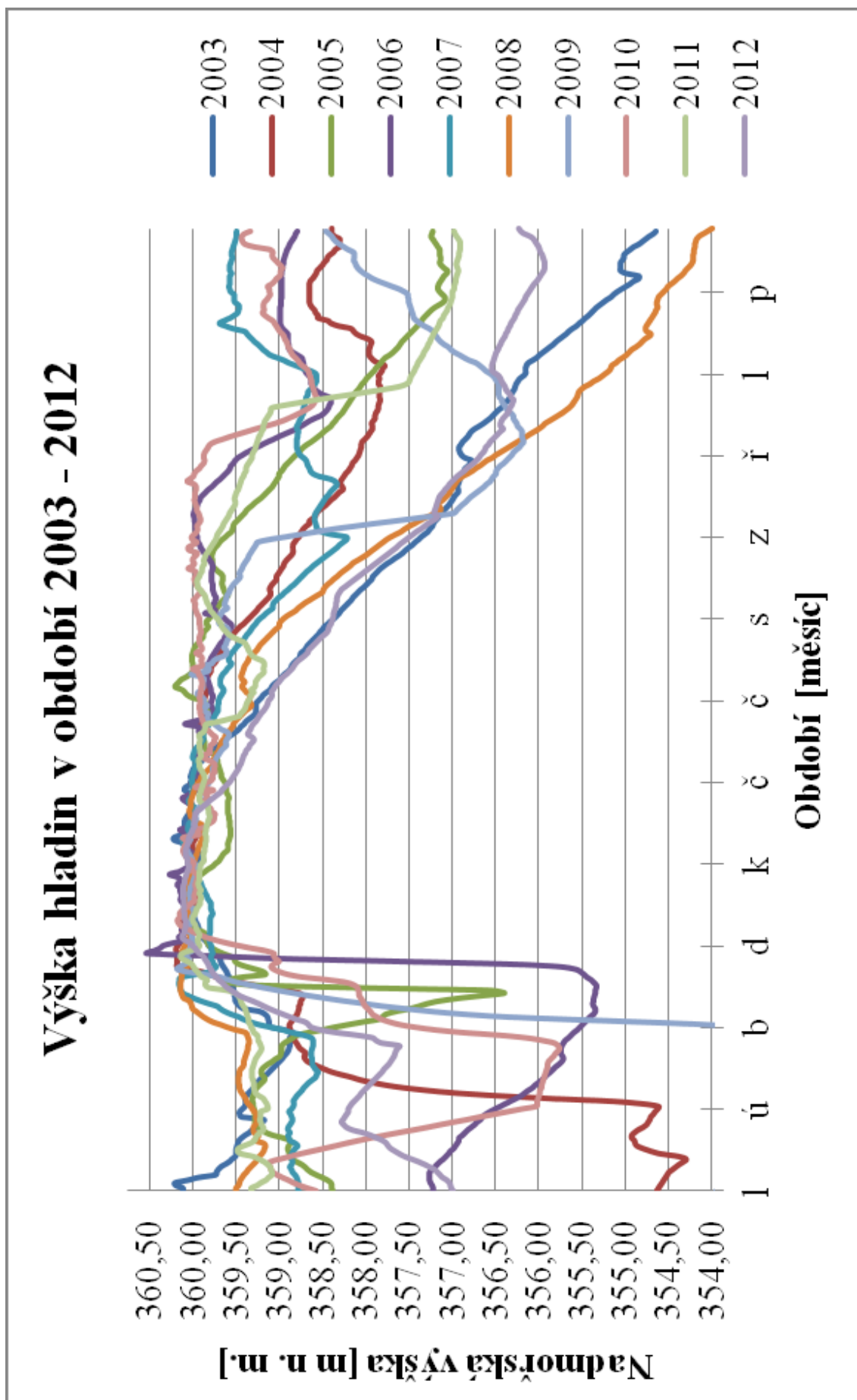
2.4.2 Abrazní terminanta A_T

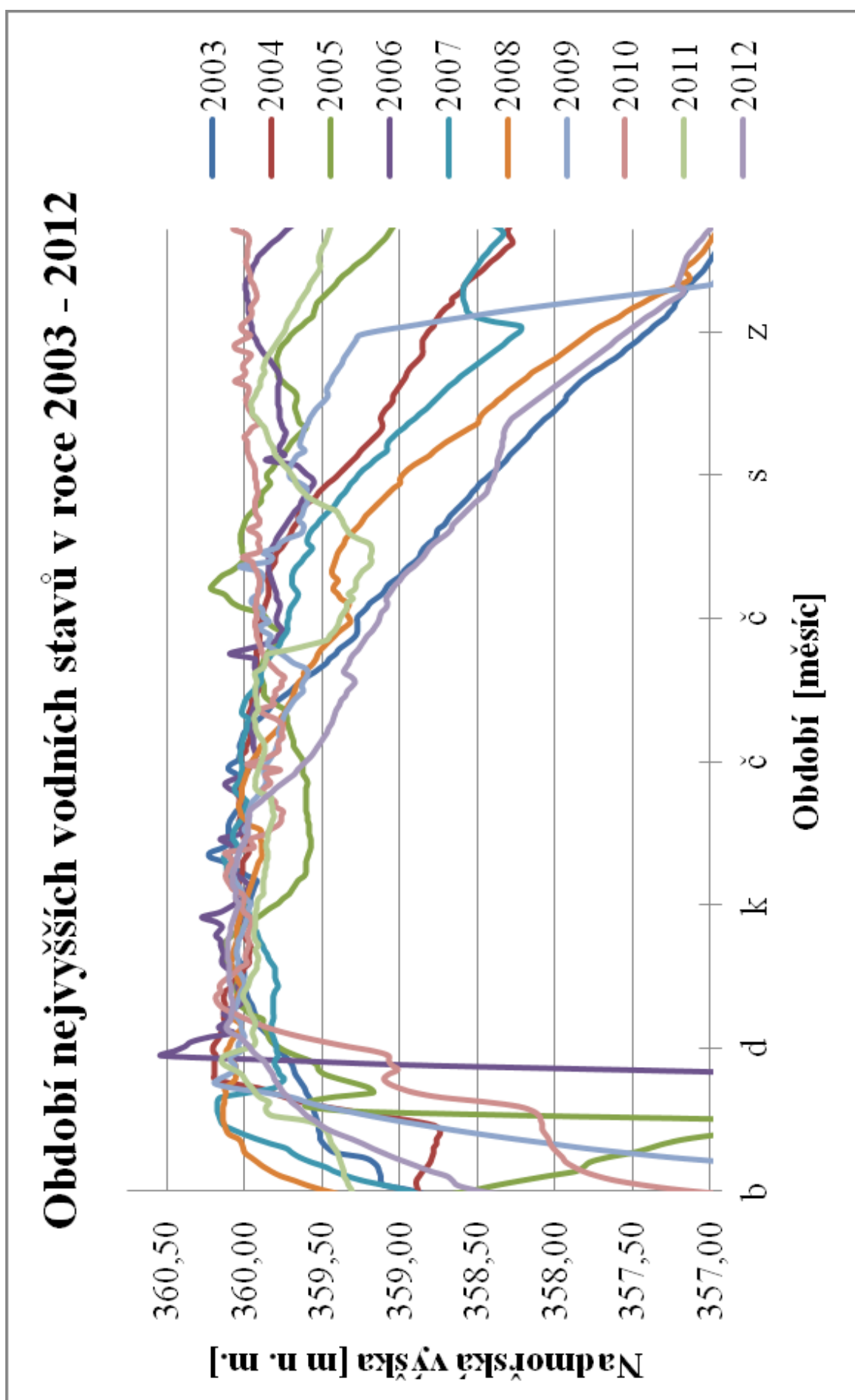
Abrazní terminanta je nejvzdálenější bod, kam až může poškození břehu dosáhnout. Tento bod je určen průsečíkem přímky ustálené části abrazní plošiny ve sklonu α' a vodorovné přímky, která reprezentuje výškovou úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a . Pomocí této grafické metody se dosáhne bodu abrazní terminanty A_T . Metoda je aplikovaná na všechny vynesené příčné profily. [33]

2.4.3 Stanovení nejčtetnější hladiny Mn_{max}

K stanovení úrovně nejčtetnější hladiny Mn_{max} je zapotřebí shromáždit měření nadmořských výšek hladin za co nejdelší období. Aby mohla být tato analýza směrodatná, je zapotřebí shromáždit měření nadmořských výšek hladin alespoň za 5 - 10 let. Podle výsledků získaných z dlouhodobého měření a zpracovaných dat našich i zahraničních autorů se ukazuje, že pravděpodobný vznik abraze, tedy poloha nejvýše položeného abrazního srubu, je v blízkosti maximální hladiny zásobního prostoru, nebo ve výšce neovladatelného retenčního prostoru nádrže. [34]

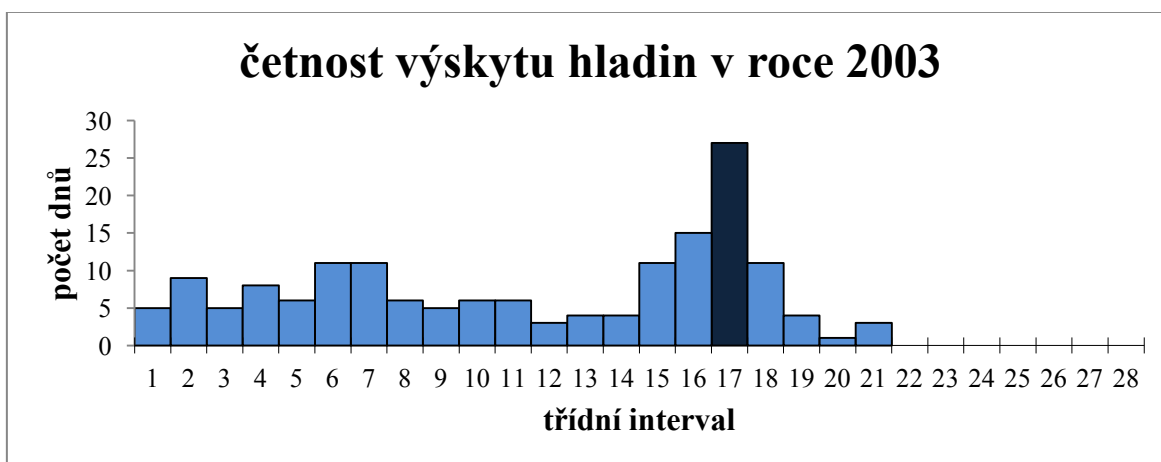
Pro stanovení nejčtetnější hladiny Mn_{max} byly analyzovány nadmořské výšky hladin z Letovické nádrže za období 10 let, tedy od roku 2003 až do roku 2012 včetně. Výšky hladin z jednotlivých let se vynesly do grafu. Graf s analyzovanými daty za období 10 let ukázal průběh hladin na nádrži. Z grafu průběhu hladin za období deseti let byl patrný interval nejčtetnějších hladin. Interval nejčtetnějších hladin je určen maximální a minimální výškou hladiny, tedy na kótě 359,21 m n. m. a 360,60 m n. m. Tento interval byl následně rozdělen do třídních intervalů po 5 cm. Pro každý třídní interval v jednotlivém roce byla spočítána četnost pomocí statistické funkce ČETNOSTI v programu Microsoft Office Excel. Intervaly s nejčtetnějším výskytem hladin za rozhodující období v jednotlivých letech jsou dále analyzovány v tabulce č. 13 Četnosti výskytu maximálních hladin za rozhodující období 2003 – 2012. Tato tabulka je redukována z původních 28 intervalů na 18 a je v rozmezí hladin od 359,56 m n. m. do 360,10 m n. m. Největší četnost výskytu maximální hladiny za rozhodující období bylo v intervalu 360,01 – 360,05 m n. m. Střední hodnota tohoto intervalu je **360,03 m n. m.**, což je hledaná nejčtetnější hladina Mn_{max} . Přehledné grafy průběhu hladin a tabulky četnosti výskytu hladin za rozhodující období s histogramy viz níže.





Tabulka č. 3: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2003.

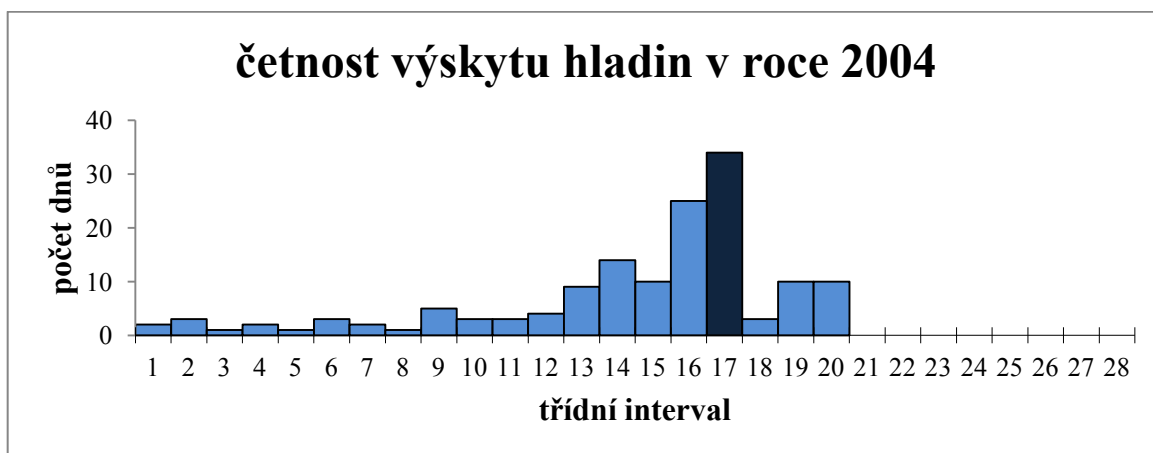
i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	5
2	359,26 - 359,30	9
3	359,31 - 359,35	5
4	359,36 - 359,40	8
5	359,41 - 359,45	6
6	359,46 - 359,50	11
7	359,51 - 359,55	11
8	359,56 - 359,60	6
9	359,61 - 359,65	5
10	359,66 - 359,70	6
11	359,71 - 359,75	6
12	359,76 - 359,80	3
13	359,81 - 359,85	4
14	359,86 - 359,90	4
15	359,91 - 359,95	11
16	359,96 - 360,00	15
17	360,01 - 360,05	27
18	360,06 - 360,10	11
19	360,11 - 360,15	4
20	360,16 - 360,20	1
21	360,21 - 360,25	3
22	360,26 - 360,30	0
23	360,31 - 360,35	0
24	360,36 - 360,40	0
25	360,41 - 360,45	0
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	0
28	360,56 - 360,60	0



Graf č. 3: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2003.

Tabulka č. 4: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2004.

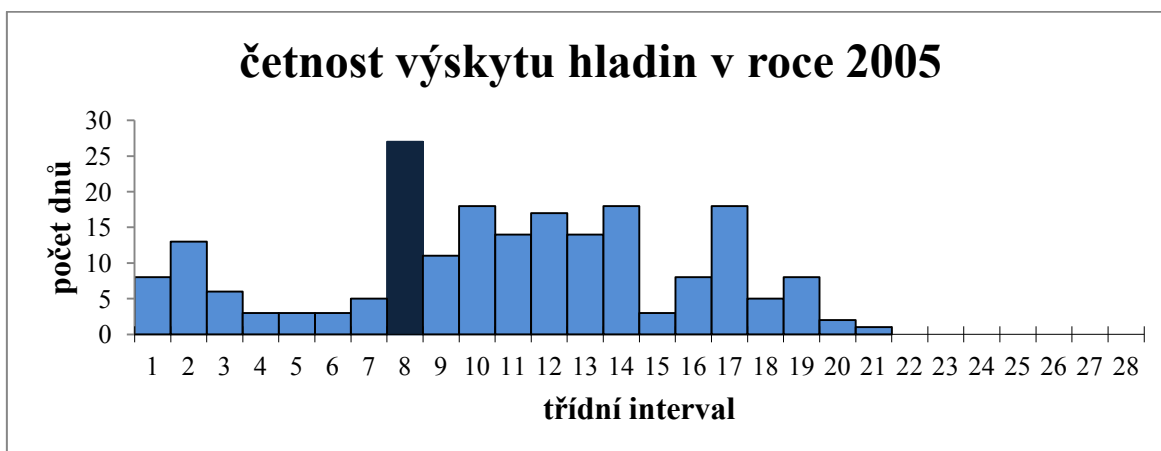
i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	2
2	359,26 - 359,30	3
3	359,31 - 359,35	1
4	359,36 - 359,40	2
5	359,41 - 359,45	1
6	359,46 - 359,50	3
7	359,51 - 359,55	2
8	359,56 - 359,60	1
9	359,61 - 359,65	5
10	359,66 - 359,70	3
11	359,71 - 359,75	3
12	359,76 - 359,80	4
13	359,81 - 359,85	9
14	359,86 - 359,90	14
15	359,91 - 359,95	10
16	359,96 - 360,00	25
17	360,01 - 360,05	34
18	360,06 - 360,10	3
19	360,11 - 360,15	10
20	360,16 - 360,20	10
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0
23	360,31 - 360,35	0
24	360,36 - 360,40	0
25	360,41 - 360,45	0
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	0
28	360,56 - 360,60	0



Graf č. 4: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2004.

Tabulka č. 5: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2005.

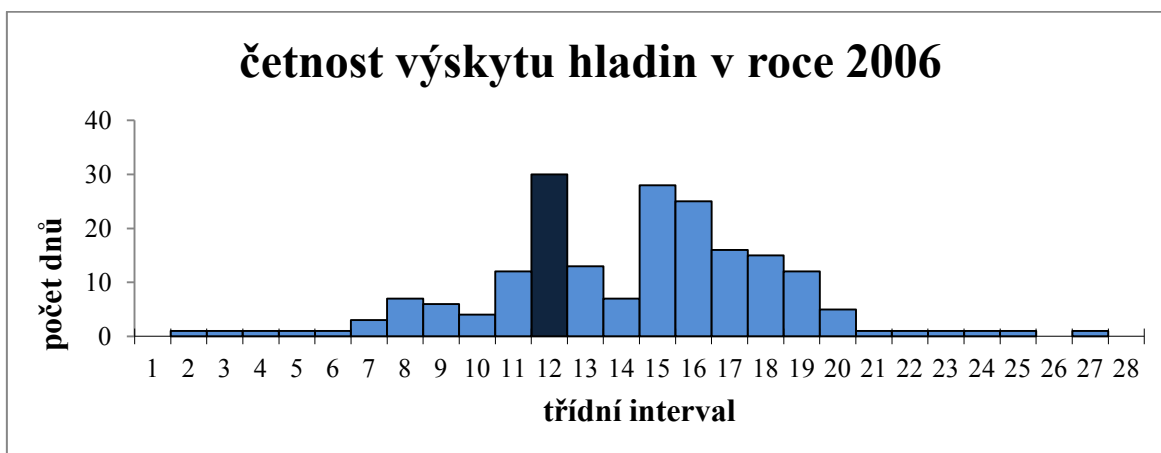
i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	8
2	359,26 - 359,30	13
3	359,31 - 359,35	6
4	359,36 - 359,40	3
5	359,41 - 359,45	3
6	359,46 - 359,50	3
7	359,51 - 359,55	5
8	359,56 - 359,60	27
9	359,61 - 359,65	11
10	359,66 - 359,70	18
11	359,71 - 359,75	14
12	359,76 - 359,80	17
13	359,81 - 359,85	14
14	359,86 - 359,90	18
15	359,91 - 359,95	3
16	359,96 - 360,00	8
17	360,01 - 360,05	18
18	360,06 - 360,10	5
19	360,11 - 360,15	8
20	360,16 - 360,20	2
21	360,21 - 360,25	1
22	360,26 - 360,30	0
23	360,31 - 360,35	0
24	360,36 - 360,40	0
25	360,41 - 360,45	0
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	0
28	360,56 - 360,60	0



Graf č. 5: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2005.

Tabulka č. 6: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2006.

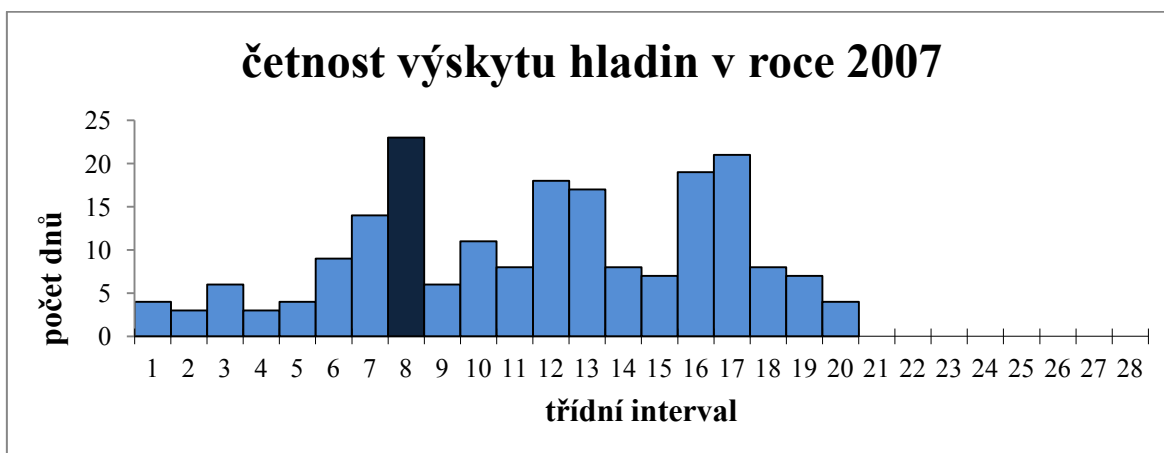
i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	0
2	359,26 - 359,30	1
3	359,31 - 359,35	1
4	359,36 - 359,40	1
5	359,41 - 359,45	1
6	359,46 - 359,50	1
7	359,51 - 359,55	3
8	359,56 - 359,60	7
9	359,61 - 359,65	6
10	359,66 - 359,70	4
11	359,71 - 359,75	12
12	359,76 - 359,80	30
13	359,81 - 359,85	13
14	359,86 - 359,90	7
15	359,91 - 359,95	28
16	359,96 - 360,00	25
17	360,01 - 360,05	16
18	360,06 - 360,10	15
19	360,11 - 360,15	12
20	360,16 - 360,20	5
21	360,21 - 360,25	1
22	360,26 - 360,30	1
23	360,31 - 360,35	1
24	360,36 - 360,40	1
25	360,41 - 360,45	1
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	1
28	360,56 - 360,60	0



Graf č. 6: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2006.

Tabulka č. 7: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2007.

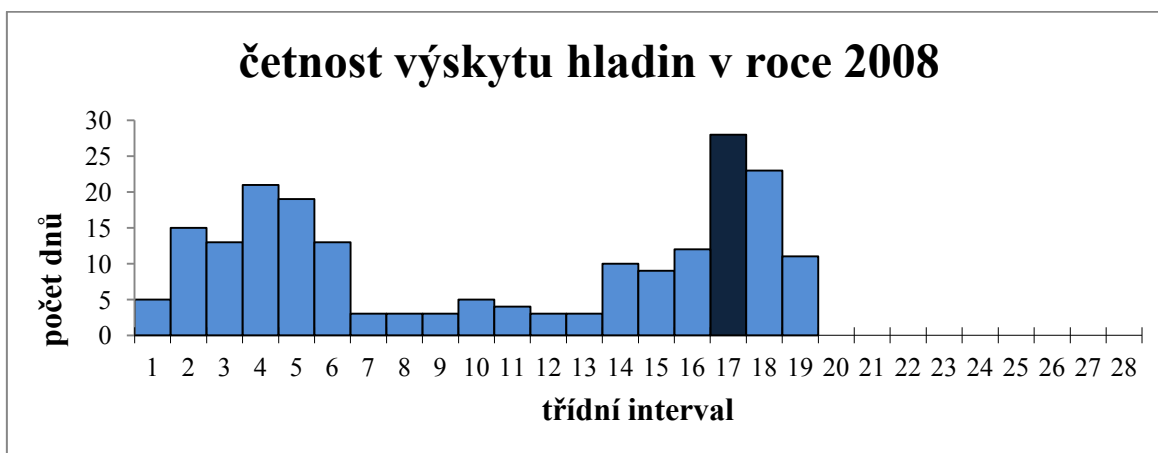
i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	4
2	359,26 - 359,30	3
3	359,31 - 359,35	6
4	359,36 - 359,40	3
5	359,41 - 359,45	4
6	359,46 - 359,50	9
7	359,51 - 359,55	14
8	359,56 - 359,60	23
9	359,61 - 359,65	6
10	359,66 - 359,70	11
11	359,71 - 359,75	8
12	359,76 - 359,80	18
13	359,81 - 359,85	17
14	359,86 - 359,90	8
15	359,91 - 359,95	7
16	359,96 - 360,00	19
17	360,01 - 360,05	21
18	360,06 - 360,10	8
19	360,11 - 360,15	7
20	360,16 - 360,20	4
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0
23	360,31 - 360,35	0
24	360,36 - 360,40	0
25	360,41 - 360,45	0
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	0
28	360,56 - 360,60	0



Graf č. 7: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2007.

Tabulka č. 8: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2008.

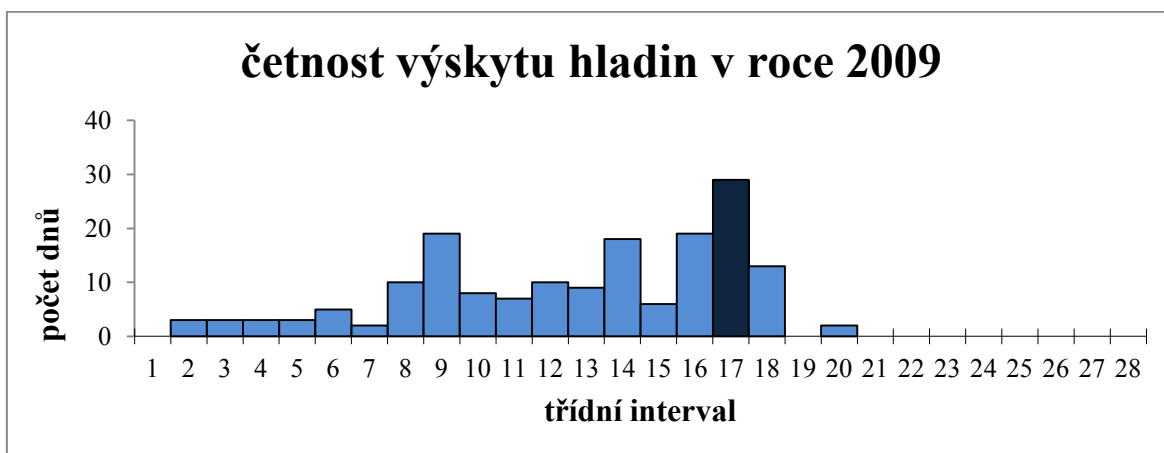
i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	5
2	359,26 - 359,30	15
3	359,31 - 359,35	13
4	359,36 - 359,40	21
5	359,41 - 359,45	19
6	359,46 - 359,50	13
7	359,51 - 359,55	3
8	359,56 - 359,60	3
9	359,61 - 359,65	3
10	359,66 - 359,70	5
11	359,71 - 359,75	4
12	359,76 - 359,80	3
13	359,81 - 359,85	3
14	359,86 - 359,90	10
15	359,91 - 359,95	9
16	359,96 - 360,00	12
17	360,01 - 360,05	28
18	360,06 - 360,10	23
19	360,11 - 360,15	11
20	360,16 - 360,20	0
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0
23	360,31 - 360,35	0
24	360,36 - 360,40	0
25	360,41 - 360,45	0
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	0
28	360,56 - 360,60	0



Graf č. 8: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2008.

Tabulka č. 9: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2009.

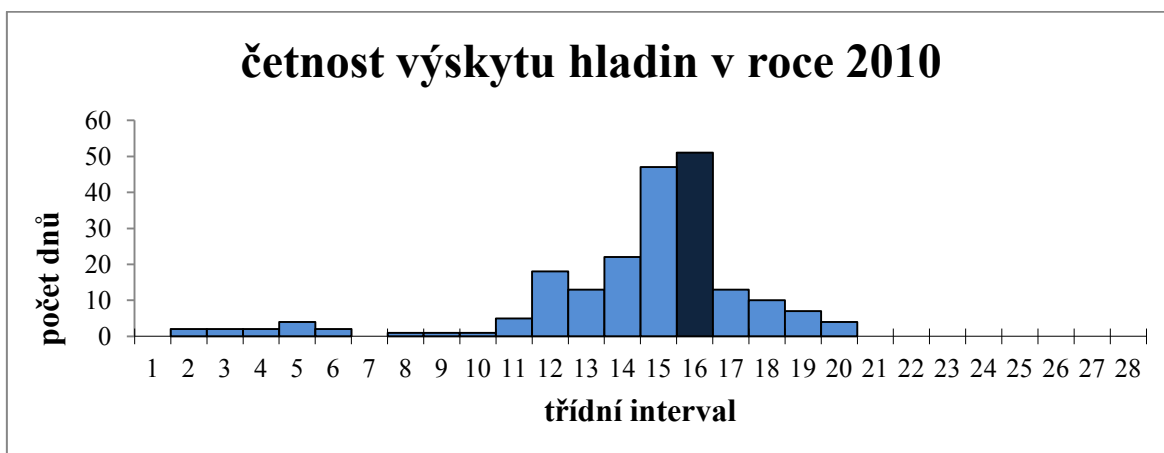
i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	0
2	359,26 - 359,30	3
3	359,31 - 359,35	3
4	359,36 - 359,40	3
5	359,41 - 359,45	3
6	359,46 - 359,50	5
7	359,51 - 359,55	2
8	359,56 - 359,60	10
9	359,61 - 359,65	19
10	359,66 - 359,70	8
11	359,71 - 359,75	7
12	359,76 - 359,80	10
13	359,81 - 359,85	9
14	359,86 - 359,90	18
15	359,91 - 359,95	6
16	359,96 - 360,00	19
17	360,01 - 360,05	29
18	360,06 - 360,10	13
19	360,11 - 360,15	0
20	360,16 - 360,20	2
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0
23	360,31 - 360,35	0
24	360,36 - 360,40	0
25	360,41 - 360,45	0
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	0
28	360,56 - 360,60	0



Graf č. 9: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2009.

Tabulka č. 10: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2010.

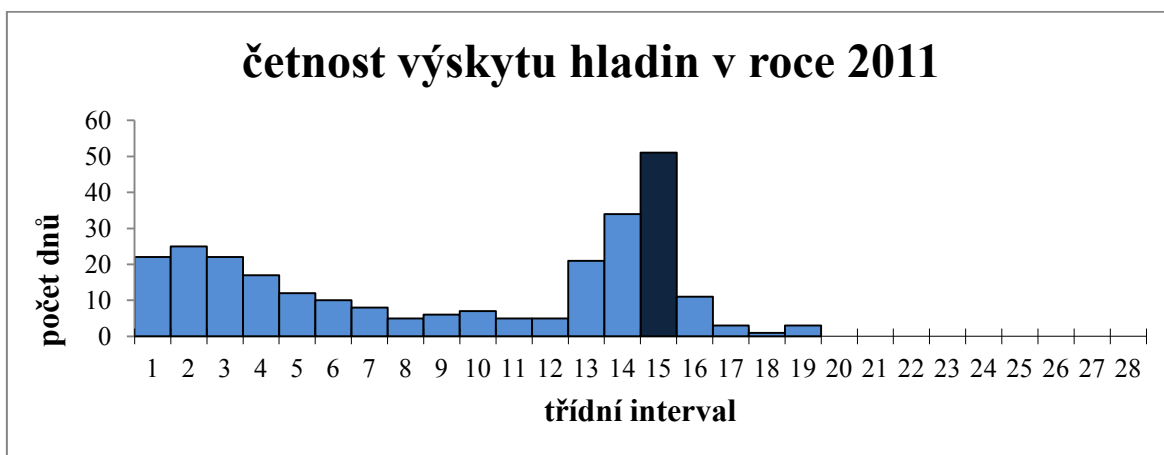
i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	0
2	359,26 - 359,30	2
3	359,31 - 359,35	2
4	359,36 - 359,40	2
5	359,41 - 359,45	4
6	359,46 - 359,50	2
7	359,51 - 359,55	0
8	359,56 - 359,60	1
9	359,61 - 359,65	1
10	359,66 - 359,70	1
11	359,71 - 359,75	5
12	359,76 - 359,80	18
13	359,81 - 359,85	13
14	359,86 - 359,90	22
15	359,91 - 359,95	47
16	359,96 - 360,00	51
17	360,01 - 360,05	13
18	360,06 - 360,10	10
19	360,11 - 360,15	7
20	360,16 - 360,20	4
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0
23	360,31 - 360,35	0
24	360,36 - 360,40	0
25	360,41 - 360,45	0
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	0
28	360,56 - 360,60	0



Graf č. 10: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2010.

Tabulka č. 11: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2011.

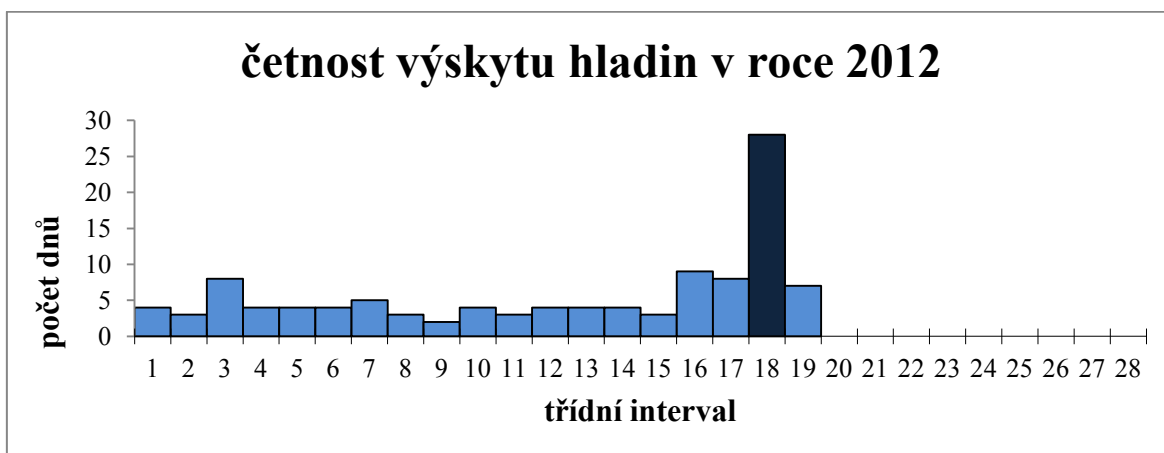
i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	22
2	359,26 - 359,30	25
3	359,31 - 359,35	22
4	359,36 - 359,40	17
5	359,41 - 359,45	12
6	359,46 - 359,50	10
7	359,51 - 359,55	8
8	359,56 - 359,60	5
9	359,61 - 359,65	6
10	359,66 - 359,70	7
11	359,71 - 359,75	5
12	359,76 - 359,80	5
13	359,81 - 359,85	21
14	359,86 - 359,90	34
15	359,91 - 359,95	51
16	359,96 - 360,00	11
17	360,01 - 360,05	3
18	360,06 - 360,10	1
19	360,11 - 360,15	3
20	360,16 - 360,20	0
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0
23	360,31 - 360,35	0
24	360,36 - 360,40	0
25	360,41 - 360,45	0
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	0
28	360,56 - 360,60	0



Graf č. 11: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2011.

Tabulka č. 12: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2012.

i	třídní interval	četnost
-	m n. m.	-
1	359,21 - 359,25	4
2	359,26 - 359,30	3
3	359,31 - 359,35	8
4	359,36 - 359,40	4
5	359,41 - 359,45	4
6	359,46 - 359,50	4
7	359,51 - 359,55	5
8	359,56 - 359,60	3
9	359,61 - 359,65	2
10	359,66 - 359,70	4
11	359,71 - 359,75	3
12	359,76 - 359,80	4
13	359,81 - 359,85	4
14	359,86 - 359,90	4
15	359,91 - 359,95	3
16	359,96 - 360,00	9
17	360,01 - 360,05	8
18	360,06 - 360,10	28
19	360,11 - 360,15	7
20	360,16 - 360,20	0
21	360,21 - 360,25	0
22	360,26 - 360,30	0
23	360,31 - 360,35	0
24	360,36 - 360,40	0
25	360,41 - 360,45	0
26	360,46 - 360,50	0
27	360,51 - 360,55	0
28	360,56 - 360,60	0

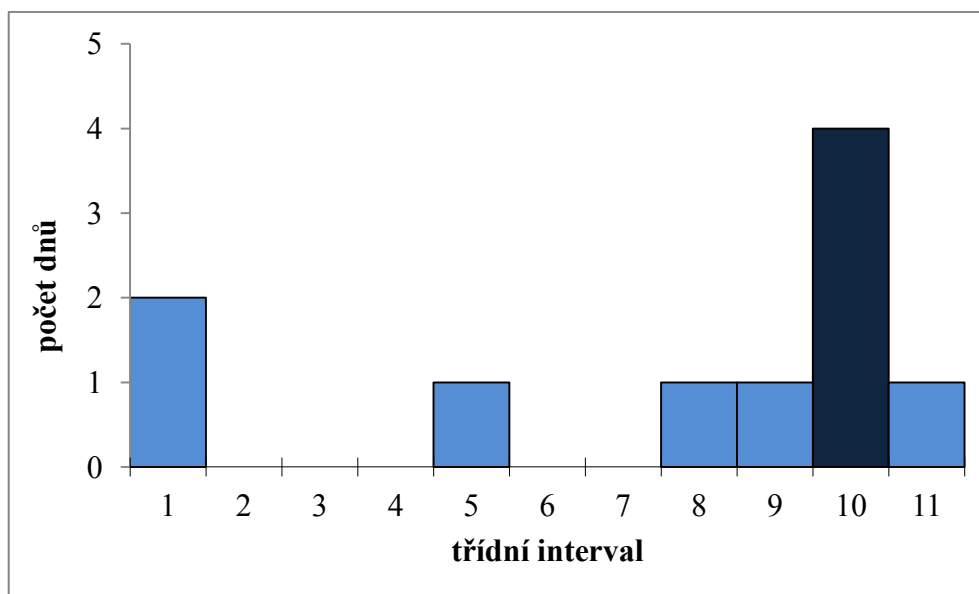


Graf č. 12: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2012.

**Tabulka č. 13: Četnost výskytu maximálních hladin za rozhodující období
2003 - 2012**

i	třídní interval	střední interval	četnost
-	m n. m.	m n. m.	-
1	359,56 - 359,60	359,58	2
2	359,61 - 359,65	359,63	0
3	359,66 - 359,70	359,68	0
4	359,71 - 359,75	359,73	0
5	359,76 - 359,80	359,78	1
6	359,81 - 359,85	359,83	0
7	359,86 - 359,90	359,88	0
8	359,91 - 359,95	359,93	1
9	359,96 - 360,00	359,98	1
10	360,01 - 360,05	360,03	4
11	360,06 - 360,10	360,08	1

Četnost výskytu max. hladin za rozhodující období 2003 - 2012



Graf č. 13: Histogram četnosti výskytu maximálních hladin za rozhodující období
2003 - 2012.

Nejčetnější hladina v nádrži za sledované období je 360,03m n. m.

2.4.4 Určení efektivní délky rozběhu větru L_{ef}

Pro stanovení efektivní délky rozběhu větru je zapotřebí znát převládající směr větru, který má na abrazní srub největší vliv. Jestliže známe převládající směr větru, který má největší vliv na abrazní srub, můžeme přejít k samotnému stanovení efektivní délky rozběhu větru. K určení L_{ef} je zapotřebí vycházet z předpokladu, že vítr vane v rozpětí úhlu 90° s osou shodnou s hlavním směrem větru. Efektivní délka rozběhu větru L_{ef} se stanoví z 15 radiál vedených zkoumaným bodem pobřeží tak, že střední radiála je totožná s hlavním směrem větru a sedm radiál po její každé straně se vykreslí v úhlech po 6° až k protějším břehům. [35] Převládající směr větru na nádrži, který má na tvorbu abrazních srubů v dané oblasti břehu největší vliv, byl stanoven jako západní.

Hodnota efektivní délky rozběhu větru L_{ef} se vypočítá ze vzorce:

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cdot \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i}$$

kde L_i délka i -té radiály [m]

φ_i úhel, který svírá i -tá radiála s hlavním směrem větru $[\circ]$

Po určení efektivní délky rozběhu větru může dojít k situaci, kdy skutečná rozběhová dráha větru L je delší než efektivní L_{ef} . Jestliže je skutečná rozběhová dráha větru L delší než efektivní L_{ef} je vhodné podpořit doporučení Lukáče a Abaffyho a do výpočtu uvést skutečnou délku rozběhu větru L . Je vždy dobré porovnat vypočtenou hodnotu L_{ef} se skutečnou délkou L . Platí-li $L_{ef} / L < 1$, tedy je-li vypočtená efektivní délka rozběhu větru L_{ef} kratší než skutečná délka rozběhu větru L , pak dosazujeme do výpočtu skutečnou délku rozběhu větru L . [34]



Obr. 15: Schéma k výpočtu efektivní délky rozběhu větru L_{ef}

Tabulka č. 14: Tabulka s délkou a úhly radiál pro výpočet L_{ef} .

radiála	1	2	3	4	5	6	7	8
délka [m]	64,0784	63,857	68,6865	288,814	407,202	645,758	1074,81	852,764
φ [°]	42	36	30	24	18	12	6	0
φ [rad]	0,73304	0,62832	0,5236	0,41888	0,31416	0,20944	0,10472	0

radiála	9	10	11	12	13	14	15
délka [m]	704,799	636,612	633,783	605,783	589,533	571,923	550,032
φ [°]	6	12	18	24	30	36	42
φ [rad]	0,10472	0,20944	0,31416	0,41888	0,5236	0,62832	0,73304

Výpočet efektivní délky rozběhu větru L_{ef} :

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cdot \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} = \frac{6776,98}{13,51} = 501,59m$$

Skutečná rozběhová dráha větru ve směru převládajícího směru větru L je: 852,76 m.

Efektivní délka rozběhu větru ve směru převládajícího směru větru L_{ef} je: 501,59 m.

$$\frac{L_{ef}}{L} = 0,588 < 1$$

Z nerovnosti výše vyplývá, že do dalších výpočtů bude použita skutečná délka rozběhové dráhy větru $L = 852,76$ m.

2.4.5 Stanovení návrhové výšky vlny h_n

Pro výpočet návrhové výšky vlny h_n je zapotřebí znát délku rozběhu větru ve směru nejčastějšího výskytu větru, který nejvíce ovlivňuje tvorbu abrazního srubu. Z výpočtu výše je patrné, že do výpočtu návrhové výšky vlny h_n byla použita hodnota skutečné rozběhové dráhy větru L namísto efektivní délky rozběhu větru L_{ef} . Dále pro výpočet

návrhové výšky vlny je nutno znát návrhovou rychlost větru w_{10} . Hodnota návrhové rychlosti větru nad vodou byla stanovena na 15 m/s.

Návrhová výška vlny h_n se vypočítá ze vzorce:

$$h_n = 0,0026 \cdot \frac{w_{10}^{1,06} \cdot L^{0,47}}{g^{0,53}}$$

kde w_{10}návrhová rychlost větru [m/s]

Lskutečná délka rozběhu větru [m]

gtíhové zrychlení [m/s^2]

Výpočet návrhové výšky vlny h_n :

$$h_n = 0,0026 \cdot \frac{15^{1,06} \cdot 852,76^{0,47}}{9,81^{0,53}} = 0,33 \text{ m}$$

Návrhová výška vlny je 0,33 m.

2.4.6 Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH

Tento výpočet je zde zahrnut z důvodu, že na nádržích dochází ve směru působení větru k mírnému hromadění vody v oblasti protilehlých břehů nádrže. Nahnání vody ve směru větru je ve většině případů nepatrné a i zvýšení úrovně hladiny se ve většině případů projeví v milimetrech, nebo v centimetrech. I přes nepatrné dopady na celkový výpočet přispívá hodnota nachýlení hladiny ke konečné úrovni nejvýše položeného abrazního srubu V_a . [32]

Pro určení hodnoty nachýlení hladiny je zapotřebí znát průměrnou hloubku vody v nádrži ve směru převládajícího větru na nádrži, který má na tvorbu abrazních srubů

v dané oblasti největší vliv, úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru δ , skutečnou délku rozběhu větru L a rychlost větru ve výši 10m nad hladinou vody. [35]

Hloubka vody v nádrži ve směru západního větru je $H = 10$ m, úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru je $\delta = 24^\circ$, skutečná délka rozběhu větru $L = 852,76$ m a návrhová rychlost větru nad vodou je $w_{10v} = 15$ m/s.

Hodnota „nahnání“ hladiny větrem ΔH se vypočítá ze vzorce:

$$\Delta H = k_w \cdot \frac{w_{10v}^2 \cdot L}{g \cdot H} \cdot \cos \delta$$

kde k_wsoučinitel závislý na rychlosti větru

pro $w_{10v} < 20$ m/s platí $2,1 \cdot 10^{-6}$

pro $w_{10v} < 30$ m/s platí $3,0 \cdot 10^{-6}$

pro hodnoty mezi 20 a 30 m/s dle lineární interpolace

w_{10v}rychlost větru ve výši 10 m nad hladinou vody [m/s]

Lskutečná délka rozběhu větru [m]

gtíhové zrychlení [m/s^2]

Hhloubka vody v nádrži [m]

δúhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru [$^\circ$]

Výpočet hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH :

$$\Delta H = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{15^2 \cdot 852,76}{9,81 \cdot 10} \cdot \cos 24 = 0,0017 \text{ m}$$

Vypočtená hodnota „nahnání“ hladiny větrem je 0,0017 m.

2.4.7 Určení střednice h_0

Jestliže předpokládáme sinusový profil vlny podle ČSN 75 0255, pak je střednice vlny totožná s hladinou v klidu. V tomto případě se neuvažuje žádné převýšení. Tedy hodnota střednice vlny h_0 , která vychází z ČSN 75 0255 je nulová.

$$h_0 = 0$$

2.4.8 Stanovení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a

Pro zajištění stability břehu je nutné zjistit nadmořskou výšku potenciální nebo již vzniklé paty abrazního srubu. Právě tato oblast je nejvíce náchylná ke vzniku nebo k rozšíření abrazního srubu a je to tedy oblast, pro kterou by mělo být navrženo co nejodolnější opevnění břehů. [33]

Výpočet výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu je závislý na znalosti nejčtetnější hladiny v nádrži Mn_{\max} , návrhové výšce vlny h_n , střednici vlny h_0 a výšce nahnání hladiny větrem ΔH .

Nejčtetnější hladina na Letovické nádrži za rozhodující období v roce 2003 – 2012 je $Mn_{\max} = 360,03$ m n. m., návrhová výška vlny je $h_n = 0,33$ m, střednice vlny je $h_0 = 0$ a výška nahnání hladiny je $\Delta H = 0,0017$ m.

Patu nejvýše položeného abrazního srubu se vypočítá ze vzorce:

$$V_a = Mn_{\max} + \frac{h_n}{2} + h_0 + \Delta H$$

kde V_anadmořská výška paty abrazního srubu [m n. m.]

Mn_{\max}nejčtetnější hladina [m n. m.]

$h_n/2$poloviční výška návrhové vlny [m]

h_0střednice vlny [m]

ΔHvýška nahnání hladiny větrem [m]

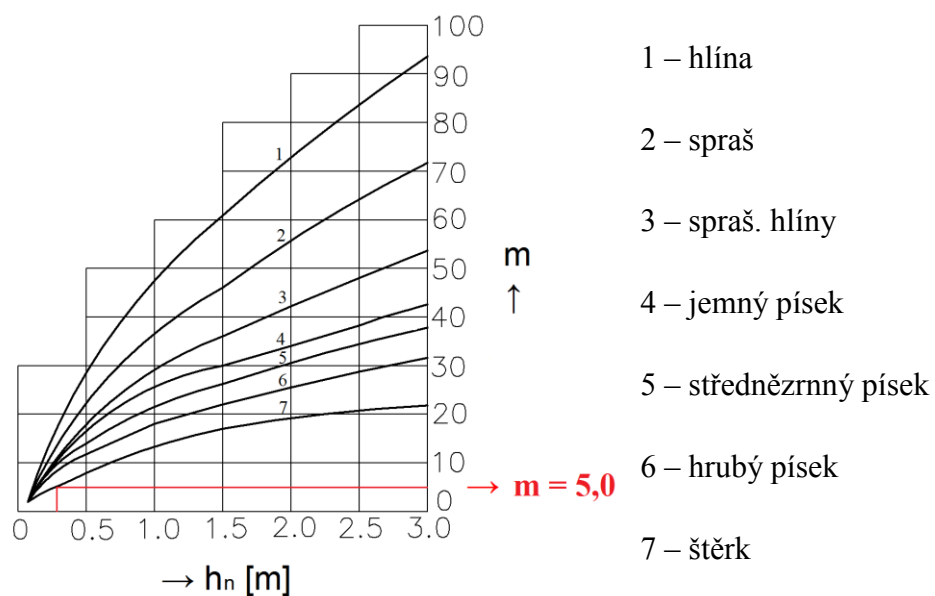
Výpočet výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu:

$$V_a = 360,03 \frac{0,33}{2} + 0,0017 = 360,195 \text{ mn.m.}$$

Výšková úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu je 360,195 m n. m.

2.4.9 Stanovení sklonu abrazní plošiny α'

Orientační sklon abrazní plošiny lze získat z grafu dle Pyškyna, který je možno použít jen pro homogenní materiály. Graf udává sklon abrazní plošiny v závislosti na výšce vlny h_n a materiálu břehu. [36]



Obr. 16: Sklon abrazní plošiny (1:m) dle Pyškyna.

Orientační sklon abrazní plošiny získaný z grafu dle Pyškyna je 1:5.

Přesnější určení sklonu abrazní plošiny lze získat změřením sklonu za pomoci latě, vodováhy a metru. Tímto způsobem je možné změřit více oblastí a tím dosáhnout přesnější sklon abrazní plošiny. Sklon abrazní plošiny byl měřen v šesti profilech v zájmové oblasti, která se nachází asi 130m západně od oblasti, která se nazývá Svitavice.



Obr. 17: Měření sklonu abrazní plošiny.

Tabulka č. 15: Sklon abrazní plošiny měřený v terénu.

Příčný profil	Sklon abrazní plošiny
1	1 : 3,8
2	1 : 3,1
3	1 : 3,7
4	1 : 3,3
5	1 : 3,3
6	1 : 3,8
Průměr	1 : 3,5

Průměrný sklon abrazní plošiny měřený v terénu je 1:3,5.

Nejpřesněji se sklon abrazní plošiny získá geodetickým zaměřením zájmové lokality. Z geodetického zaměření bylo vyneseno 6 příčných řezů s vlastním sklonem abrazní plošiny.

Tabulka č. 16: Sklon abrazní plošiny získaný z geodetického zaměření.

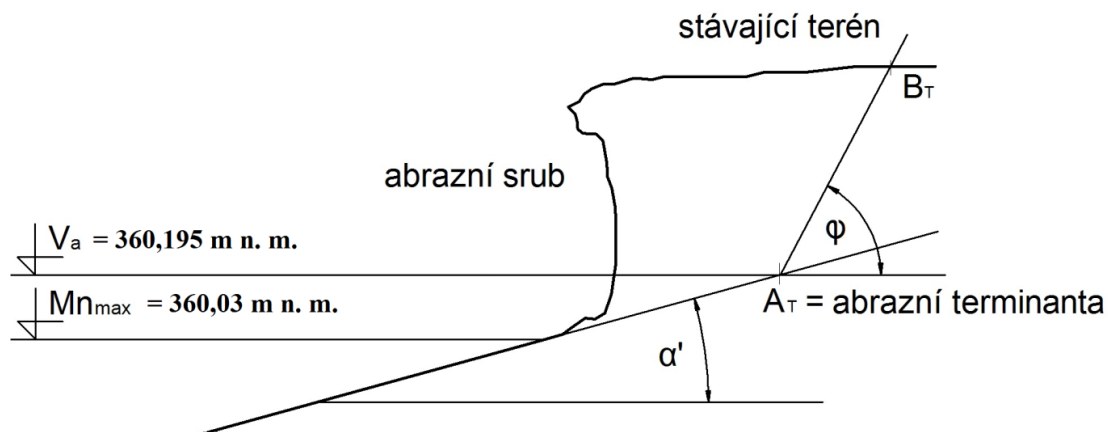
Příčný profil	Sklon abrazní plošiny
1	1 : 3,7
2	1 : 3,6
3	1 : 3,1
4	1 : 3,4
5	1 : 3,2
6	1 : 3,4
Průměr	1 : 3,4

Průměrný sklon abrazní plošiny získaný z geodetického zaměření je 1:3,4.

Porovnáním výše uvedených metod měření sklonu abrazní plošiny se došlo k závěru, že při měření sklonu abrazní plošiny přímo v terénu nedochází k velké chybě a je možné využít získaná data z měření v terénu pro další zpracování.

2.4.10 Vlastní prognóza ústupu břehové čáry

Abrazní terminanta je nejvzdálenější bod, kam až může poškození břehu dosáhnout. Tento bod je určen průsečíkem přímky ustálené části abrazní plošiny ve sklonu α' a vodorovné přímky, která reprezentuje výškovou úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu $V_a = 360,195$ m n. m. Pomocí této grafické metody se dosáhne bodu abrazní terminanty A_T . Po dosažení bodu A_T následuje vynesení úhlu φ , který přibližně odpovídá úhlu vnitřního tření materiálu, jímž je břeh tvořen. Břeh je tvořen hrubými nestejnzrnnými středně ulehlými šterky s příměsí písku. Úhel vnitřního tření v dané oblasti byl stanoven dle ČSN EN 1997-2 na $\varphi = 34^\circ$. Vynesením úhlu vnitřního tření φ je dosažen bod maximálního ústupu břehové čáry B_T . [37]



Obr. 18: Schéma určení abrazní terminanty a stanovení prognózy ústupu břehové čáry pro konkrétní případ.

Spojením bodů B_T vynesných v jednotlivých příčných řezech (příloha č. 2 - 7) bylo dosaženo předpokládané linie zobrazující, kam až dle použité modifikované metody stanovení abrazní terminanty mohla ustoupit břehová čára v zájmové oblasti na vodní nádrži Letovice.



Obr. 19: Prognóza ústupu břehové čáry v zájmové oblasti na satelitním snímku.

Z obrázku č. 19 výše je patrné, že ústup břehové čáry v čase dle použité modifikované metody by byl až o 14 m. Je tedy vhodné navrhnout možnosti stabilizace břehů pro zastavení či zpomalení ústupu břehové čáry.

2.5 Vlastní návrh úpravy

Navrhovaná úprava břehu v zájmové oblasti na údolní nádrži Letovice má zajistit stabilitu břehů a zastavit, nebo alespoň oddálit ústup břehové čáry. Dále by navrhovaná úprava břehu měla zamezit dalšímu zmenšování objemu nádrže rozrušeným materiálem břehu.

Jako nejvhodnější typ úpravy břehu v zájmové oblasti se jeví biotechnické opatření. Biotechnická opatření jsou tvořena kombinací technických a biologických stabilizačních prvků, tedy kombinací neživých a tvrdých prvků s vegetací. Biotechnické způsoby stabilizace jsou především vhodné pro estetický vzhled, rychlé začlenění do krajiny a dostatečnou ochranu břehů před účinky vln.

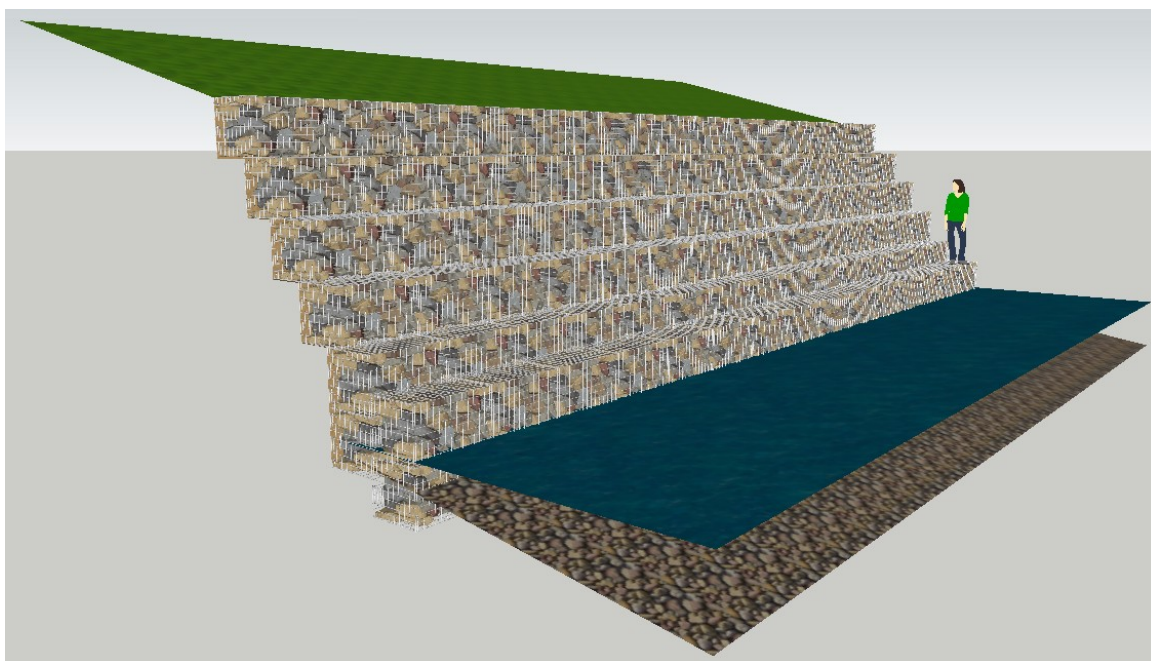
Diplomová práce obsahuje návrhy biotechnických opatření jak pasivních tak aktivních. Pasivní protiabrazní konstrukce jsou budovány především u břehů nádrže a aktivní protiabrazní konstrukce jsou budovány dále od břehu za účelem roztříštění vlny. Návrhem aktivního protiabrazního opatření se dosáhne tak zvaného vlnového stínu a tím je břeh chráněn před abrazivními účinky vln. Dále se aktivní protiabrazní opatření budují za účelem navrácení břehu do původního stavu.

2.5.1 Drátokamenné koše – gabiony

Drátokamenné koše neboli gabiony jsou hojně používány na opevnění břehů vodních toků a nádrží. Jsou používány především v oblastech s výrazným abrazním poškozením. Použití tohoto druhu opevnění je vhodné v profilu číslo 1 až 4, kde se nachází až třímetrové abrazní sruby.

Gabionová konstrukce je drátokamenný prvek tvaru kvádrů o rozměru 0,6 x 1 x 0,6 m vyrobený ze svařovaných ocelových sítí, vyplněný lomovým kamenem. Na výrobu svařovacích sítí a spojovacího materiálu je použit antikorozně upravený drát z homogenního materiálu a trvalé struktury zinku a hliníku. Gabionová konstrukce není limitována šířkou ani výškou, je limitována jen stavebními možnostmi prováděcí firmy a podmínkami opevňované oblasti. [38]

Před samotným ukládáním svařené konstrukce koše je zapotřebí urovnat patu svahu a abrazní plošinu. Po urovnání svahu a abrazní plošiny se mohou na takto upravenou plochu skládat jednotlivé koše do požadovaného tvaru. Dovnitř kosů se ukládá kamenivo o velikosti kamene 80 – 250 mm. Samotná gabionová konstrukce patří do technických způsobů stabilizace, ale prosypání konstrukce zeminou a následná výsadba dřevin a trav umožňuje tuto konstrukci zařadit do biotechnických způsobů stabilizace. Výhody gabionové konstrukce jsou pružnost, schopnost kopírovat terén, vodopropustnost, jednoduchost konstrukce.



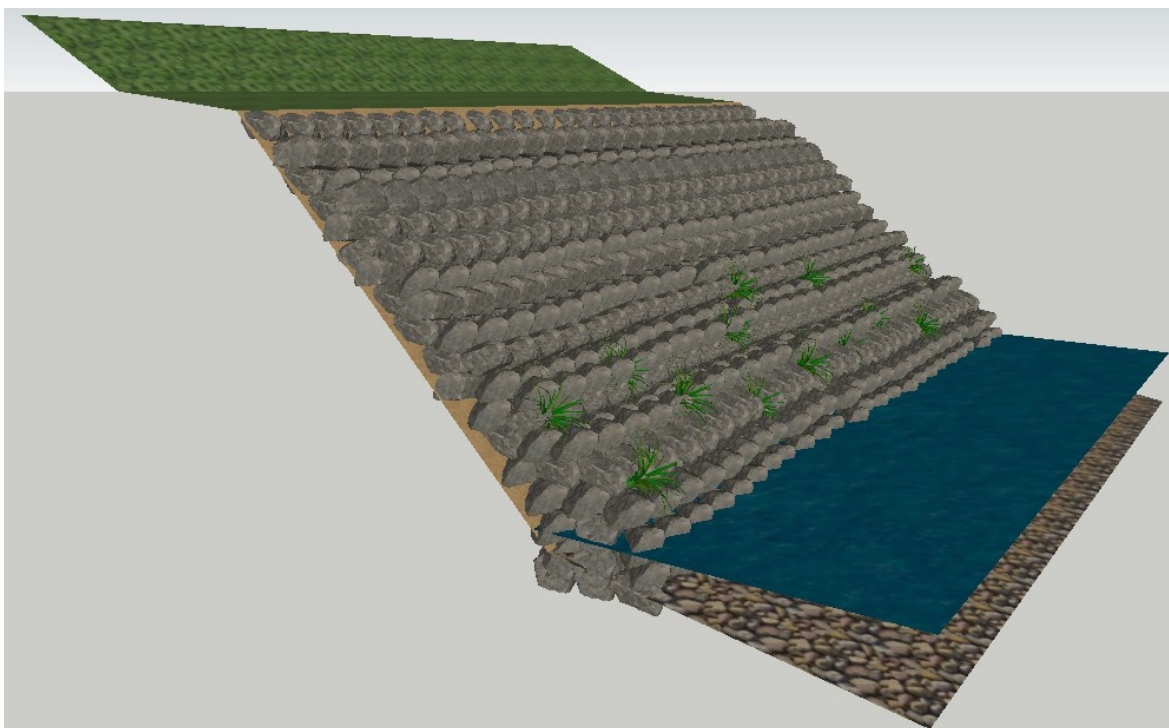
Obr. 20: Vizualizace gabionové konstrukce na třímetrovém abrazním srubu.

2.5.2 Oživená kamenná rovnanina

Oživená kamenná rovnanina je dalším často využívaným typem biotechnického opevnění břehů. Oživenou kamennou rovnaninu je vhodné navrhovat taktéž jako drátokamenné koše v oblastech s výrazným abrazním poškozením. Použití tohoto druhu opevnění je vhodné v profilu číslo 1 až 4.

Zakládání kamenní rovnaniny se provádí do předem upravené základové rýhy ve spodní části břehu. Do upravené základové rýhy se ukládá lomový kámen o velikosti středního zrna 0,40 m. Dále se lomový kámen ukládá do pravidelných vrstev, které jsou prokládány vrbovými prýty. Po uložení prýtů se celá vrstva kamenné rovnaniny prosype zeminou. Vrbové prýty se ukládají až do předpokládané výšky vztlínající vody. [39]

Výhody kamenné rovnaniny jsou pružnost, schopnost kopírovat terén, jednodušší konstrukce oproti gabionové konstrukci nebo opěrné zdi.



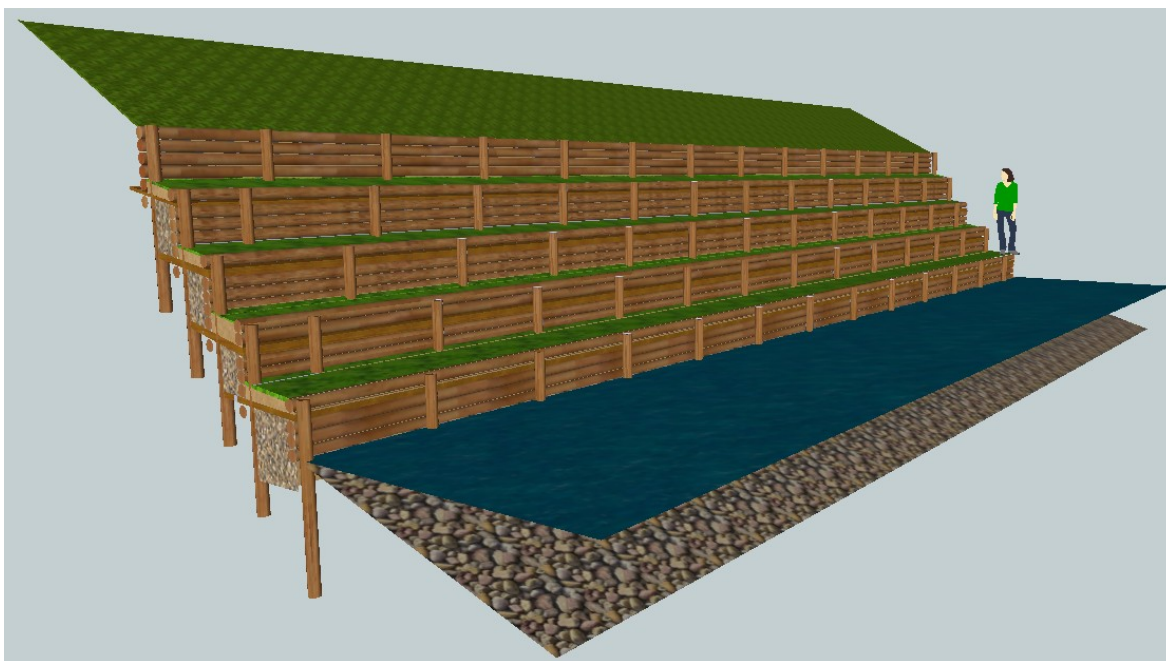
Obr. 21: Vizualizace oživené kamenné rovnaniny na třímetrovém abrazním srubu.

2.5.3 Oživený srub z kulatiny

Oživený srub z kulatiny je biotechnická stabilizační konstrukce, kterou je možné využít u nižších abrazních srubů cca o výšce 1,5 m. Základním materiálem stabilizační konstrukce je „mrtvé“ dřevo s kamenem a štěrkem. Oživený srub z kulatiny je vhodné navrhovat v oblastech s méně výrazným abrazním poškozením. Použití tohoto druhu opěvnění je vhodné v profilu číslo 4 až 6.

Konstrukce je tvořena několika řadami dřevěných kůlů o průměrné délce 1,3 m a průměrné tloušťce 10 cm, které jsou zatloukány souběžně s břehem. Ke kůlům jsou ukládány taktéž souběžně s břehem dřevěné kulatiny o průměrné tloušťce 10 cm, které se ke kůlům připevní dráty nebo hřeby. Vzniklý volný prostor mezi jednotlivými sruby je dosypán štěrkem a zeminou. Pro zvýšení stability konstrukce je možné proložit konstrukci vrbovým klestím a provést výsadbu vrbových řízků, nebo oset travní směsí.

Výhody konstrukce srubu jsou snadná aplikace, možnost použít místní materiály, nízké pořizovací náklady.



Obr. 20: Vizualizace oživeného srubu z kulatiny na dvoumetrovém abrazním srubu.

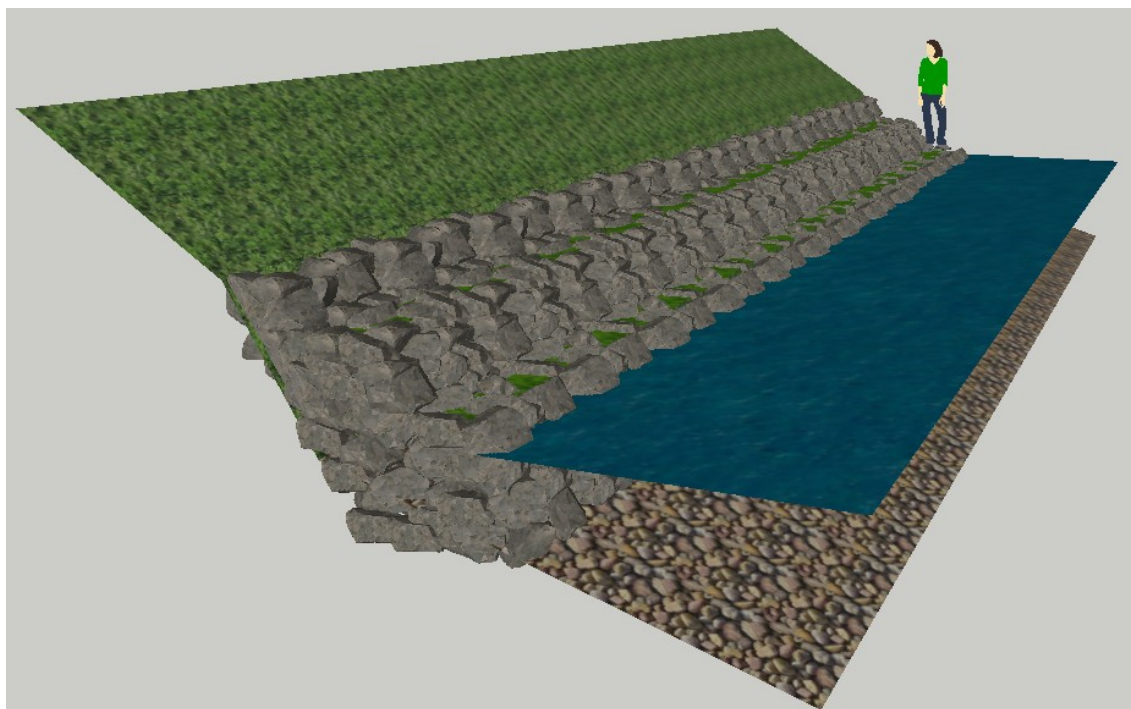
2.5.4 Oživené kamenné lavice

Oživené kamenné lavice je vhodné navrhovat v oblastech s abrazním poškozením o výšce zhruba dvou metrů a dále v místech, kde je zapotřebí umožnit přístup zvířím a lidem k volné hladině. Tento druh opevnění je vhodné použít v zájmové oblasti v místech příčných profilů číslo 3 až 5.

Lavice je navržena z lomového kamene o velikosti zrna 0,20 - 0,50 m. Lomový kámen je na sebe kladen ve dvou až třech řadách a to tak, aby po usazení kamenů výška lavice dosahovala zhruba 0,5m. Horizontální rozvržení a počet lavic je přizpůsoben výšce abrazního srubu a okolnímu terénu. Pro zvýšení stability celé konstrukce je možné prosypat kamennou lavici zeminou a provést výsadbu dřevin a porostů. Vhodné dřeviny pro výsadbu na opevnění jsou vrba, olše, jasan a z travních porostů je vhodné použít jílek vytrvalý RITTON, jílek mnohokvětý ROŽNOVSKÝ, lipnice luční BALIN. [34]

Nad opevněním, které je vysoké od paty abrazního srubu 1,5 m je navrženo sesvahování terénu ve sklonu 1:1 a následně 1:1,5. Na upraveném břehu nad opevněním je taktéž navržena výsadba dřevin a výsev travních druhů.

Výhody oživené kamenné lavice jsou snadná aplikace, možnost použít místní materiály, tuhost konstrukce, trvanlivost konstrukce, nízké pořizovací náklady.



Obr. 23: Vizualizace oživené kamenné lavice na dvoutetřím abrazním srubu.

2.5.5 Opevnění z kulatiny v kombinaci se stabilizační kamennou patou

Opevnění z kulatiny je další biotechnická stabilizační konstrukce, kterou je možné aplikovat na nižší abrazní sruby. V zájmové lokalitě se oblast s nižšími abrazními sruby nachází za zaměřeným profilem číslo 6. Opevnění pomocí kulatiny je vhodné navrhovat v oblastech s méně výrazným abrazivním působením. Pro větší stabilitu a ochranu před abrazivním působením účinků vln je vhodné doplnit opevnění o stabilizační kamennou patu se středním zrnem kameniva 0,20 m.

Konstrukce je tvořena několika řadami dřevěných kůlů o průměrné délce 1,2 m a průměrné tloušťce 10cm, které jsou zatloukány souběžně s břehem. Ke kůlům jsou ukládány souběžně s břehem dřevěné kulatiny o průměrné tloušťce 35 cm, které se ke kůlům připevní hřeby případně dráty. Svah nad opevněním a případně vzniklý prostor mezi kulatinou je vhodné zatravnit pro zvýšení stability břehu i samotné konstrukce. Díky zatravnění a případné výsadbě dřevin je po rozpadu dřevěné konstrukce opevnění břeh držen silným kořenovým systémem, jež původně sloužil jako doplňující prvek.

Výhody opevnění z kulatiny jsou možnost využití místních materiálů, jednoduchá aplikace, nízké pořizovací náklady v případě využití místních materiálů.



Obr. 24: Vizualizace opevnění z kulatiny v kombinaci s kamennou patou.

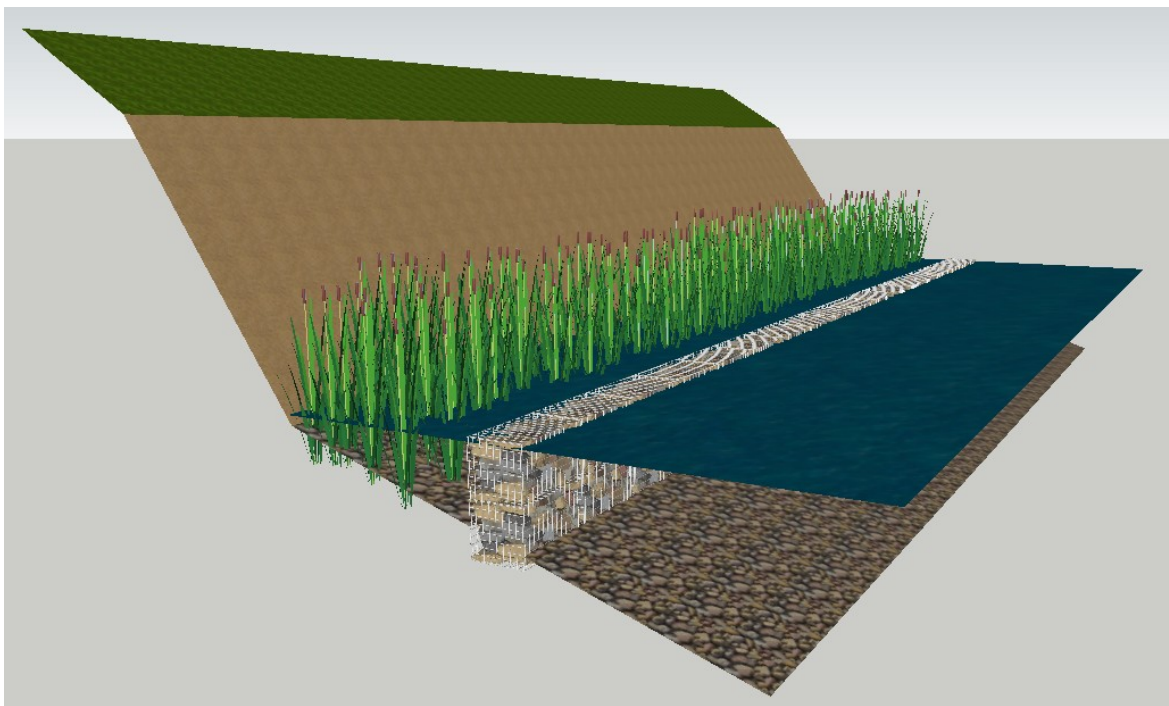
2.5.6 Aktivní protiabrazní konstrukce z gabionu doplněna porostem rákosin

Drátokamenné koše neboli gabiony jsou hojně používány na opevnění břehu vodních toků a nádrží. Tento druh konstrukce lze ale využít jako vlnolam, tedy aktivní protiabrazní opatření. Drátokamenné koše jako aktivní protiabrazní opatření je vhodné navrhovat v oblastech s výrazným abrazivním působením vln. V zájmové lokalitě se oblast s výrazným abrazivním působením vln nachází od vynesného příčného profilu číslo 1 do 4. Navržená gabionová konstrukce je klasifikována jako vynořená, propustná a pevná.

Gabionová konstrukce je drátokamenný prvek tvaru kvádrů o rozměru 0,7 x 1 x 0,7 m vyrobený ze svařovaných ocelových sítí, vyplněný lomovým kamenem.

Před samotným ukládáním svařené konstrukce koše je zapotřebí urovnat abrazní plošinu. Po urovnání abrazní plošiny se mohou na takto upravenou plochu skládat jednotlivé koše do požadovaného tvaru. Dovnitř košů se ukládá kamenivo o velikosti kamene 80-250mm. Samotná gabionová konstrukce patří do technických způsobů stabilizace, ale v kombinaci s orobincem úzkolistým (*Typha angustifolia*) [40] je možné tuto konstrukci zařadit do biotechnických způsobů stabilizace.

Výhody gabionové konstrukce jsou pružnost, schopnost kopírovat terén, vodopropustnost, jednoduchost konstrukce, použití méně materiálu oproti gabionové zdi.



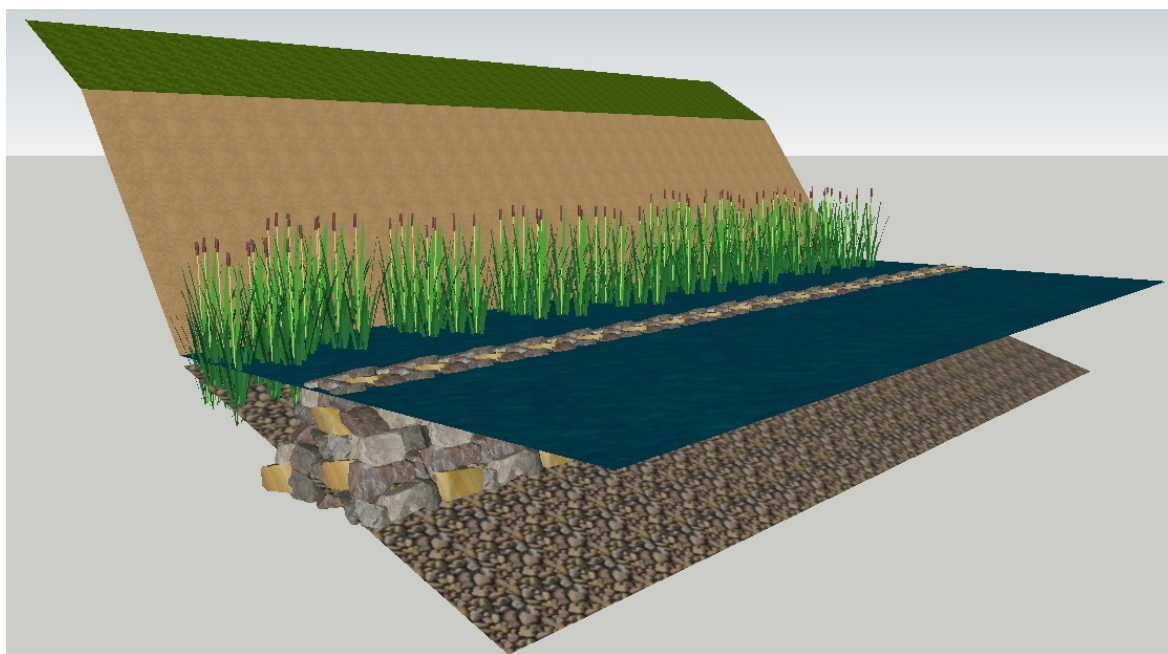
Obr. 25: Vizualizace aktivní protiabrazní konstrukce z gabionu doplněna porostem rákosin.

2.5.7 Aktivní protiabrazní konstrukce – kamenná lavice s porostem rákosin

Kamenné lavice jsou hojně používány na opevnění břehu vodních toků a nádrží, ale je také možné tento druh konstrukce využít jako vlnolam tedy aktivní protiabrazní opatření. Kamennou lavici jako aktivní protiabrazní opatření je vhodné navrhovat v oblastech s výrazným abrazivním působením vln. V zájmové lokalitě se oblast s výrazným abrazivním působením vln nachází od vyneseneho příčného profilu číslo 1 do 4. Navržená kamenná lavice je klasifikována jako vynořená, propustná a pevná.

Podélná lavice je tvořena kamennou hrázkou navrženou souběžně s ohroženou částí břehu ve sklonu 1:1. Materiál kamenné hrázky je lomový kámen o velikosti zrna 0,20 - 0,50 m. Lomový kámen je na sebe kladen do řad a to tak, aby po usazení kamenů výška lavice dosahovala zhruba 1m. Pro zvýšení stability celé konstrukce je možné provést výsadbu vrbových řízků vhodná je například vrba poříční (*Salix fluviatilis*). Pro zvýšení ochrany břehu je možné provést výsadbu rákosin například orobince úzkolistého (*Typha angustifolia*). [40]

Výhody kamenné lavice jsou snadná aplikace, možnost použít místní materiály, tuhost konstrukce, trvanlivost konstrukce.



Obr. 26: Vizualizace aktivní protiabrazní konstrukce - kamenná lavice s porostem rákosin.

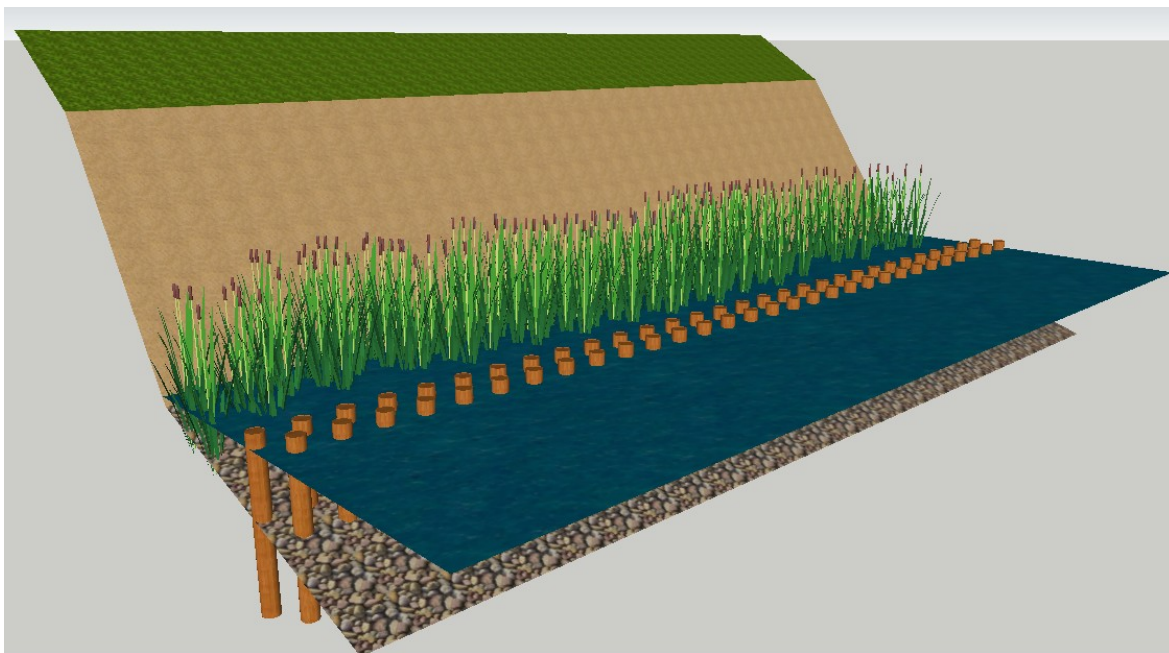
2.5.8 Aktivní protiabrazní konstrukce z dřevěných kůlů a rákosin

Opevnění z dřevěných kůlů je vhodné použít na opevnění břehu vodních toků a nádrží kvůli možnosti využití místních materiálů, ale je také možné tento druh konstrukce využít jako vlnolam, tedy aktivní protiabrazní opatření. Dřevěné kůly jako aktivní protiabrazní opatření je vhodné navrhovat v oblastech s výrazným abrazivním působením vln. V zájmové lokalitě se tato oblast nachází od vneseného příčného profilu číslo 1 do 4. Navržená konstrukce z dřevěných kůlů je klasifikována jako vynořená, propustná a pevná.

Konstrukce je tvořena dvěma řadami dřevěných kůlů o průměrné délce 1,5 m a průměrné tloušťce 20 cm, které jsou zatloukány souběžně s břehem. Navrhnuté dřevěné kůly jsou zhruba 2 m od paty abrazního srubu a jsou zatloukány tak aby cca 15 cm konstrukce vyčnívalo nad úroveň hladiny $M_{n_{max}}$, stejně jak u předešlých aktivních protiabrazních konstrukcí.

Pro vyšší zajištění ochrany břehu je vhodné provést výsadbu rákosin nebo vrbových řízků. K ochraně břehu vodní nádrže je vhodné provést výsadbu těchto druhů rákosin a keřových vrb: rákos obecný (*Phragmites communis*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia*), vrba poříční (*Salix fluviatilis*), vrba popelavá (*Salix cinerea*). [40]

Výhody konstrukce jsou možnost využití místních materiálů a jednoduchá aplikace.



Obr. 27: Vizualizace aktivní protiabrazní konstrukce z dřevěných kůlů a rákosin.

2.6 Technicko-ekonomické zhodnocení

Náklady na jednotlivé druhy opevnění byly vyhodnoceny z ceníků Českomoravské štěrkovny a.s., DOPS Bohemia trading s.r.o., Dřevoproz s.r.o., DŘEVO - POPULUS s.r.o., Zahradnictví Jaroslavy Pelikánové a z ceníku firmy AROS-osiva s.r.o. Náklady na stavbu se odvíjejí od použitých materiálů a druhu konstrukce. Nejčastěji používaný materiál u biotechnických způsobů stabilizace břehů je kámen a dřevo. Využití kamene a dřeva na opevnění břehu je vhodné také z důvodu možnosti využití místních zdrojů. [38,41-45]

Na každou navrhnutou konstrukci je zpracovaná tabulka nákladů materiálu. Náklady na ochranu břehů před abrazivními účinky jsou zpracovány pro každou variantu zvlášť a to pro celou zájmovou oblast o délce 125 m. Sledovaná oblast je rozdělena do 7 úseků z důvodu rozlišení úrovně poškození břehu, tedy rozdílnosti nákladů na jednotlivé úseky. Náklady na dopravu, využití mechanizace a pracovní skupinu nejsou zahrnuty do odhadu ekonomických nákladů. V technicko-ekonomickém zhodnocení se v rámci porovnávání cen jednotlivých konstrukcí neuvažuje o využití místních materiálů. Ceny jsou uvedeny včetně DPH.

PASIVNÍ PROTIABRAZNÍ KONSTRUKCE

Drátokamenné koše - gabiony

Rozměry gabionu: 0,6 x 1 x 0,6 m

Cena gabionu: 950 Kč

Tabulka č. 17: Náklady na konstrukci z gabionu.

Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7
Délka úseku [m]	15	20	15	20	20	20	15
Dílčí náklady [Kč]	34 200	64 600	68 400	62 700	62 700	62 700	37 050

Celkové náklady na 125m dlouhý úsek: 392 350 Kč.

Oživená kamenná rovinanina

Frakce lomového kamene: 200/500

Cena lomového kamene: 303 Kč/tuna

Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³Celková potřeba lomového kamene: 360m³

Tabulka č. 18: Náklady na kamennou rovinaninu.

Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7
Délka úseku [m]	15	20	15	20	20	20	15
Dílčí náklady [Kč]	23 634	47 268	47 268	47 268	47 268	47 268	23 634

Celkové náklady na 125 m dlouhý úsek: 283 608 Kč.

Oživený srub z kulatiny

Cena kůlu: Ø 10-13 cm /délek cca 150 cm: 89 Kč

Cena kulatiny: Ø 10-13 cm /délek cca 500 cm: 303 Kč

Tabulka č. 19: Náklady na konstrukci srubu.

Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7
Délka úseku [m]	15	20	15	20	20	20	15
Dílčí náklady [Kč]	11 226	29 936	28 065	29 936	29 936	29 936	11 226

Celkové náklady na 125 m dlouhý úsek: 170 261 Kč.

Oživené kamenné lavice

Frakce lomového kamene: 200/500

Cena lomového kamene: 303 Kč/tuna

Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³

Celková potřeba lomového kamene: 315 m³

Tabulka č. 20: Náklady na konstrukci kamenné lavice.

Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7
Délka úseku [m]	15	20	15	20	20	20	15
Dílčí náklady [Kč]	23 634	47 268	35 451	39 390	39 390	39 390	23 634

Celkové náklady na 125m dlouhý úsek: 248 157 Kč.

Opevnění z kulatiny v kombinaci se stabilizační kamennou patou

Cena kůlu: Ø 10-13 cm /délky cca 150 cm: 89 Kč

Cena kulatiny (smrk): Ø 35 cm /m³: 1 210 Kč

Celková potřeba kulatiny: 43 m³

Tabulka č. 21: Náklady na konstrukci z kulatiny.

Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7
Délka úseku [m]	15	20	15	20	20	20	15
Dílčí náklady [Kč]	8 955	15 920	11 940	15 920	15 920	15 920	8 955

Celkové náklady na 125 m dlouhý úsek: 93 530 Kč.

Frakce lomového kamene: 200/500

Cena lomového kamene: 303 Kč/tuna

Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³

Celková potřeba lomového kamene: 32 m³

Tabulka č. 22: Náklady na kamennou patu.

Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7
Délka úseku [m]	15	20	15	20	20	20	15
Dílčí náklady [Kč]	3 151	3 939	3 151	3 939	3 939	3 939	3 151

Celkové náklady na 125 m dlouhý úsek: 25 209 Kč.

Celkové náklady na opevnění z kulatiny v kombinaci s kamennou patou jsou 118 739 Kč.

AKTIVNÍ PROTIABRAZNÍ KONSTRUKCE

Drátokamenné koše - gabiony

Rozměry gabionu: 0,7 x 1 x 0,7 m

Cena gabionu: 1 033 Kč

Tabulka č. 23: Náklady na konstrukci z gabionu.

Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7
Délka úseku [m]	15	20	15	20	20	20	15
Dílčí náklady [Kč]	21 700	28 935	21 700	28 935	28 935	28 935	21 700

Celkové náklady na 125 m dlouhý úsek: 180 840 Kč.

Kamenná lavice

Frakce lomového kamene: 200/500

Cena lomového kamene: 303 Kč/tuna

Objemová hmotnost lomového kamene: 2600 kg/m³Celková potřeba lomového kamene: 187,5 m³

Tabulka č. 24: Náklady na konstrukci kamenné lavice.

Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7
Délka úseku [m]	15	20	15	20	20	20	15
Dílčí náklady [Kč]	17 725	23 634	17 725	23 634	23 634	23 634	17 725

Celkové náklady na 125 m dlouhý úsek: 147 711 Kč.

Protiabrazní konstrukce z dřevěných kůlůCena kulatiny (smrk): Ø 20 cm /m³: 1 210 KčCelková potřeba kulatiny: 46,4 m³

Tabulka č. 25: Náklady na konstrukci z kulatiny.

Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7
Délka úseku [m]	15	20	15	20	20	20	15
Dílčí náklady [Kč]	6 750	9 000	6 750	9 000	9 000	9 000	6 750

Celkové náklady na 125 m dlouhý úsek: 56 250 Kč.

RÁKOSINY**Rákos obecný (*Phragmites australis*)**

Cena jedné rostliny: 10 Kč

Navrhnuty jsou 4 rostliny na 1m délky břehu.

Délka zájmové oblasti je 125 m.

Celková potřeba rostlin: 500 ks

Cena výsadby: 5000kč

Orobinec širokolistý (*Typha latifolia*)

Cena jedné rostliny: 15 Kč

Navrhnuty jsou 4 rostliny na 1 m délky břehu.

Délka zájmové oblasti je 125 m.

Celková potřeba rostlin: 500 ks

Cena výsadby: 7500kč

TRAVNÍ SMĚS**Travní směs technická**

Složení travní směsi: jílek vytrvalý 35%, jílek mnohokvětý 15%,
kostřava červená výběžkatá 40%.

Plocha k osetí: 2 000 m²

Balení 25kg je cca na 1 000 m²

Cena 25kg balení: 1 800 Kč

Cena osetí: 3 600 Kč

SHRNUTÍ NÁKLADŮ NA MATERIÁL NAVRHNUTÝCH KONSTRUKCÍ

Tabulka č. 26: Náklady na pasivní protiabrazní konstrukce.

Drátokamenné koše - gabiony	392 350 Kč
Oživená kamenná rovinanina	283 608 Kč
Oživený srub z kulatiny	170 261 Kč
Oživené kamenné lavice	248 157 Kč
Opevnění z kulatiny v kombinaci se stabilizační kamennou patou	118 739 Kč

Tabulka č. 27: Náklady na aktivní protiabrazní konstrukce.

Drátokamenné koše - gabiony	180 840 Kč
Kamenná lavice	147 711 Kč
Protiabrazní konstrukce z dřevěných kůlů	56 250 Kč

Tabulka č. 28: Cena vybraných rákosin.

Rákos obecný (<i>Phragmites australis</i>)	5 000 Kč
Orobinec širokolistý (<i>Typha latifolia</i>)	7 500 Kč

Tabulka č. 29: Cena travní směsi.

Travní směs technická	3 600 Kč
-----------------------	----------

Náklady na jednotlivé druhy opevnění se pohybují v rozmezí cca od 50 000 Kč do 400 000 Kč. Rozdíl v odhadované ceně tvoří druh a množství použitého materiálu na jednotlivé druhy konstrukcí. Nejdražší opatření je konstrukce z drátokamenných košů, která je odhadnuta na cenu 392 000 Kč. Nejlevnější je aktivní protiabrazní konstrukce ze zatlučených dřevěných kůlů, kde je cena odhadnuta na 56 000 Kč. Ceny těchto opatření se mohou ještě navýšit v případě doplnění o rákosiny nebo travní směs.

Pro výběr vhodné konstrukce ochrany břehu je zapotřebí rekognoskace terénu, promluvit s místním obyvatelstvem, rybářským svazem, se správci přilehlých lesů a sportovními kluby. Rekognoskace terénu a diskuze s místními orgány jsou zapotřebí pro spokojenost všech uživatelů vodního díla a vhodné začlenění opatření do krajiny.

3. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo statisticky vyhodnotit výšky hladin na Letovické nádrži v desetiletém cyklu, provést hydrotechnické výpočty k určení abrazní terminanty, stanovit prognózu ústupu břehové čáry na nejvíce poškozené části břehu údolní nádrže a vytvořit návrhy stabilizace. Před samotným zpracováním diplomové práce byla provedena rekognoskace přilehlého území a stávajícího stavu řešené lokality. Tato prohlídka terénu byla přínosem při návrhu protiabrazních konstrukcí.

Diplomová práce je rozdělena na průvodní zprávu a technickou zprávu. V průvodní zprávě jsou popsány základní technické a správní údaje (viz kapitola 1.1), hydrologické poměry (viz kapitola 1.6) a další poměry v zájmové oblasti. Kapitola hydrologických poměrů obsahuje informace o Křetínce, která je hlavním vodním zdrojem Letovické nádrže. Dále průvodní zpráva obsahuje popis výroby a činností v širokém okolí nádrže.

V technické zprávě byly statisticky vyhodnoceny výšky hladin na Letovické vodní nádrži v desetiletém cyklu za účelem zjištění nejčtenější hladiny. Nejčtenější hladina v nádrži za vyhodnocované roky 2003-2012 byla stanovena na výškovou úroveň 360,03 m n. m. Po stanovení výškové úrovně nejčtenější hladiny v nádrži byly provedeny hydrotechnické výpočty pro stanovení prognózy ústupu břehové čáry (viz kapitola 2. 4. 4 – 2. 4. 10). Z hydrotechnických výpočtů a následně z vynesných výsledků do příčných profilů (příloha č. 2 - 7) bylo patrné, že ústup břehové čáry v čase dle použité modifikované metody by byl až o 14 m. Bylo tedy vhodné navrhnout možnosti stabilizace břehů pro zastavení či zpomalení ústupu břehové čáry.

V závěrečné části technické zprávy byly vytvořeny vizualizace návrhů biotechnických opatření (viz kapitola 2. 5. 1 – 2. 5. 8). Dále byl v závěrečné části proveden odhad ekonomických nákladů na navržené biotechnické opatření (viz kapitola 2.6). Náklady na jednotlivé druhy opatření se pohybují v rozmezí cca od 50 000 Kč do 400 000 Kč. Rozdíl v odhadované ceně tvoří druh a množství použitého materiálu na jednotlivé druhy konstrukcí. Náklady na dopravu, využití mechanizace a pracovní skupinu nejsou zahrnuty do odhadu ekonomických nákladů.

Pro výběr vhodné konstrukce je zapotřebí zhodnotit ekonomické hledisko, trvanlivost konstrukce a vhodnost z hlediska začlenění konstrukce do okolní krajiny.

Seznam literatury

- [1] Základní technické a správní údaje. [online]. [cit. 2013-15-11]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodni-dila/letovice/>
- [2] Mapa zájmové oblasti. [online]. [cit. 2013-15-11]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz>
- [3] Slavomír Brodesser, *Staletími podél řeky Svitavy*. MTZ – Tiskárna Lipník a.s., Brno, 2005. ISBN 80-7028-217-7
- [4] Svitavská pahorkatina. [online]. [cit. 2013-15-11]. Dostupné z: <http://www.treking.cz/regiony/svitavska-pahorkatina.htm>
- [5] Fyzickogeografické poměry v povodí Svratky a Svitavy. [online]. [cit. 2013-19-11]. Dostupné z: is.muni.cz/th/43102/prif_b/Kapitola_4_5.doc
- [6] Geologické a geovědní mapy. [online]. [cit. 2013-19-11]. Dostupné z: <http://www.geologicke-mapy.cz/regiony/okres-CZ0641/>
- [7] Hydrologické poměry. [online]. [cit. 2013-25-11]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/stav/1044/>
- [8] Lom Štašov. [online]. [cit. 2013-28-11]. Dostupné z: <http://www.msilnice.cz/portfolio/prumyslova-vyroba/lomy/stasov.htm>
- [9] Tylex Letovice, a.s. český výrobce záclon. [online]. [cit. 2013-28-11]. Dostupné z: <http://www.tylex.cz>
- [10] Letovické strojírny. [online]. [cit. 2013-28-11]. Dostupné z: <http://www.lsletovice.cz/>
- [11] AGRO VYSOČINA BYSTRÉ - zemědělská a pekárenská výroba. [online]. [cit. 2013-28-11]. Dostupné z: <http://www.avb.cz>
- [12] LEDEKO, a.s., živočišná výroba. [online]. [cit. 2013-28-11]. Dostupné z: <http://www.ledeko.cz/>

- [13] Zemědělské družstvo vlastníků NÝRON – zemědělská výroba. [online]. [cit. 2013-28-11]. Dostupné z: <http://www.agronyrov.cz/>
- [14] Pedologické poměry. [online]. [cit. 2013-10-12]. Dostupné z: <http://www.pod.cz/planovani/cz/pripravne-prace-2004/kapitoly/kap14.html>
- [15] Půdy a půdní pokryv ČR. [online]. [cit. 2013-28-11]. Dostupné z: http://www.herber.kvalitne.cz/FG_CR/pudy.html
- [16] Klimatické poměry. [online]. [cit. 2013-10-12]. Dostupné z: <http://janpivec.wz.cz/pivec.htm>
- [17] Srážkové poměry. [online]. [cit. 2013-10-12]. Dostupné z: http://voda.chmi.cz/opzv/bilance/zprava_bilance_12.pdf
- [18] Sluneční svit. [online]. [cit. 2013-10-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/99-prumerne-mesicni-doby-slunecniho-svitu-ve-vybranych-lokalitach-cr>
- [19] Průměrné měsíční teploty. [online]. [cit. 2013-10-12]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_9_Mesicni_data&nc=1&portal_lang=cs#PP_Mesicni_data
- [20] Větrné poměry. [online]. [cit. 2013-10-12]. Dostupné z: http://isq.cz/npj/2011/03_Metody_pro_tvorbu_%20pravdepodobnostnich_map.pdf
- [21] Zimní zpravodajství. [online]. [cit. 2013-15-12]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/situace/zimni-zpravodajstvi/2/>
- [22] Energetická koncepce statutárního města Brna: hodnocení využití obnovitelných zdrojů [online]. 2005. [cit. 2013-15-12]. Dostupné z: http://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OTS/koncepte/ek3.pdf
- Obnovitelné zdroje energie v ČR - ČEZ, a.s. . [online]. [cit. 2013-18-12]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/situace/zimni-zpravodajstvi/2/>

- [23] <http://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/oze-cr-all-17-01-obalka-in.pdf>
- [24] Krajská hygienická stanice Brno. [online]. [cit. 2013-18-12]. Dostupné z: <http://www.khsbrno.cz/>
- [25] Kvalita vody. [online]. [cit. 2013-18-12]. Dostupné z: <http://www.khsbrno.cz/katalog/koupaliste/tab1.php?voda=ano>
- [26] Vyhláška č. 238/2011 Sb. [online]. [cit. 2013-18-12]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-238-2011-sb-o-stanoveni-hygienickych-pozadavku-na-koupaliste-sauny-a-hygienicke-limity-pisku-v-piskovistich-venkovnich-hracich-ploch>
- [27] TJ Sokol Letovice, jachetní oddíl. [online]. [cit. 2013-18-12]. Dostupné z: <http://kretinka.net/>
- [28] Moravský rybářský svaz. [online]. [cit. 2013-18-12]. Dostupné z: <http://www.mrk.cz/rybarske-reviry.php?id=1338>
- [29] Rekreační plavba. [online]. [cit. 2013-18-12]. Dostupné z: <http://www.hydromagazin.cz/clanek/650-kretinka-svizny-pritok-svitavy/>
- [30] Fotodokumentace. [online]. [cit. 2013-18-12]. Dostupné z: http://blanensky.denik.cz/zpravy_region/prehrada-kretinka-slavi-vyroci-ctyricet-let-od-zahajeni-stavby-20120411.html
- [31] Základní vodohospodářská mapa v měřítku 1: 10000 [online], [cit. 2013-19-12]. Mapové listy 24-12 Letovice.
- [32] ŠLEZINGR, Miloslav; *Břehové abraze: Příspěvek k problematice zajištění stability břehů*. Vyd. Akademické nakladatelství CERM, Brno 2004, 157 s. ISBN 80-7204-342-0
- [33] ŠLEZINGR, Miloslav; *Základy projektové činnosti – obrazový přehled návrhů stabilizace břehů pomocí břehové armatury*. Vyd. Mendlova univerzita v Brně, 2013, 152 s. ISBN 978-80-7375-833-2

- [34] ŠLEZINGR, Miloslav; *Břehová abraze – možnosti stabilizace břehů*. Vyd. Mendlova univerzita v Brně, 2011, 172 s. ISBN 978-80-7375-566-9
- [35] ČSN 750255 Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích.
- [36] LUKÁČ, Michal; ABÁFFY, Dušan; *Vlnenie na nádržiach, jeho účinky a protiabrazné opatrenia*. Vyd. MLVH SSR, Bratislava, 1980, 107 s. 64-152-80
- [37] ČSN EN 1997-2 Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy
- [38] DOPS Bohemia trading s.r.o., konstrukce gabionu. [online]. [cit. 2013-22-12]. Dostupné z: http://www.pletiva.com/vismo/zobraz_dok.asp?id_org=600193&id_ktg=1011&p1=1023
- [39] ŠLEZINGR, Miloslav; *Revitalizace toků – příspěvek k problematice úprav toků*. Vyd. Nakladatelství VUTIUM, 2010, 251 s. ISBN 978-80-214-3942-9
- [40] ŠLEZINGR, Miloslav; *Vegetační doprovod vodních toků a nádrží*. Vyd. Nakladatelství CERM, s.r.o Brno, 1996, 89 s. ISBN 80-214-0629-1
- [41] Českomoravské šterkovny a.s., ceník lomového kamene. [online]. [cit. 2013-22-12]. Dostupné z: http://www.heidelbergcement.com/cz/cs/country/produkty/kamenivo/lomovy_kamen.htm
- [42] Dřevoproz s. r. o., ceník kulatiny. [online]. [cit. 2013-22-12]. Dostupné z: <http://onlineshopy.com/eshop/drevoproz/palisada-prumer-10-13-cm-125-cm.html>
- [43] DŘEVO - POPULUS s.r.o. , ceník kulatiny. [online]. [cit. 2013-22-12]. Dostupné z: <http://www.populus-drevo.cz/kulatina/>
- [44] Rostliny Zahradnictví Jaroslavy Pelikánové, vodní rostliny. [online]. [cit. 2013-28-12]. Dostupné z: <http://www.kcov-rostliny.cz/Bahennirostliny.php#rakos>
- [45] AROS-osiva s.r.o., ceník travní směsi. [online]. [cit. 2013-22-12]. Dostupné z: <http://www.aros.cz/cs/travni-smesi/aros-profi/technicka/>

Seznam obrázků

Obr. 1: Letovice.....	2
Obr. 2: Mapa povodí Svratky	6
Obr. 3: Mapa geologických poměrů okolí VD Letovice	8
Obr. 4: Pohled na sypanou kamenitohlinitou hráz a MVE na v. n. Letovice	16
Obr. 5: Vodní květ na vodní nádrži Letovice	18
Obr. 6: Hodnocení koupacího profilu pro sezónu 2013.	18
Obr. 7: Výsledky jakosti vody v koupacích v sezóně.	19
Obr. č. 8: Před výstavbou přehrady – Lazinov s vodním tokem Křetínkou.	22
Obr. 9: Před výstavbou přehrady – pohled z místa mezi Lazinovem a Křetínem.	22
Obr. 10: Současný stav – pohled z hráze na nádrž.	23
Obr. 11: Vodní nádrž Letovice na leteckém snímku	24
Obr. 12: Vyznačená zájmová oblast na vodní nádrži Letovice.	27
Obr. 13: Abrázní srub v zájmové oblasti Svitavice na vodní nádrži Letovice.	28
Obr. 14: Schéma určení abrazní terminanty a stanovení prognózy ústupu břehové čáry ...	30
Obr. 15: Schéma k výpočtu efektivní délky rozběhu větru L_{ef}	46
Obr. 16: Sklon abrazní plošiny (1:m) dle Pyškyna.....	51
Obr. 17: Měření sklonu abrazní plošiny.	52
Obr. 18: Schéma určení abrazní terminanty a stanovení prognózy ústupu břehové čáry pro konkrétní případ.....	54
Obr. 19: Prognóza ústupu břehové čáry v zájmové oblasti na satelitním snímku.....	54
Obr. 20: Vizualizace gabionové konstrukce na třímetrovém abrazním srubu.	56
Obr. 21: Vizualizace oživené kamenné rovnániny na třímetrovém abrazním srubu.....	57

Obr. 20: Vizualizace oživeného srubu z kulatiny na dvoumetrovém abrazním srubu.	58
Obr. 23: Vizualizace oživené kamenné lavice na dvoumetrovém abrazním srubu.	59
Obr. 24: Vizualizace opevnění z kulatiny v kombinaci s kamennou patou.	60
Obr. 25: Vizualizace aktivní protiabrazní konstrukce z gabionu doplněna porostem rákosin.	61
Obr. 26: Vizualizace aktivní protiabrazní konstrukce - kamenná lavice s porostem rákosin.	62
Obr. 27: Vizualizace aktivní protiabrazní konstrukce z dřevěných kůlů a rákosin.	63

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Hydrologické poměry řeky Křetínky.	10
Tabulka č. 2: Průměrné měsíční teploty v roce 2013.	14
Tabulka č. 3: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2003.	34
Tabulka č. 4: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2004.	35
Tabulka č. 5: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2005.	36
Tabulka č. 6: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2006.	37
Tabulka č. 7: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2007.	38
Tabulka č. 8: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2008.	39
Tabulka č. 9: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2009.	40
Tabulka č. 10: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2010.	41
Tabulka č. 11: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2011.	42
Tabulka č. 12: Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2012.	43

Tabulka č. 13: Četnost výskytu maximálních hladin za rozhodující období 2003 - 2012 .	44
Tabulka č. 14: Tabulka s délkou a úhly radiál pro výpočet L_{ef}	47
Tabulka č. 15: Sklon abrazní plošiny měřený v terénu.	52
Tabulka č. 16: Sklon abrazní plošiny získaný z geodetického zaměření.	53
Tabulka č. 17: Náklady na konstrukci z gabionu.	65
Tabulka č. 18: Náklady na kamennou rovnatinu.	65
Tabulka č. 19: Náklady na konstrukci srubu.	65
Tabulka č. 20: Náklady na konstrukci kamenné lavice.	66
Tabulka č. 21: Náklady na konstrukci z kulatiny.	66
Tabulka č. 22: Náklady na kamennou patu.	66
Tabulka č. 23: Náklady na konstrukci z gabionu.	67
Tabulka č. 24: Náklady na konstrukci kamenné lavice.	67
Tabulka č. 25: Náklady na konstrukci z kulatiny.	67
Tabulka č. 26: Náklady na pasivní protiabrazní konstrukce.	69
Tabulka č. 27: Náklady na aktivní protiabrazní konstrukce.	69
Tabulka č. 28: Cena vybraných rákosin.	69
Tabulka č. 29: Cena travní směsi.	69

Seznam grafů

Graf č. 1: Výšky hladin v období 2003 – 2012.....	32
Graf č. 2: Období nejvyšších vodních stavů v roce 2003 – 2012.....	33
Graf č. 3: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2003.	34
Graf č. 4: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2004.	35
Graf č. 5: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2005.	36
Graf č. 6: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2006.	37
Graf č. 7: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2007.	38
Graf č. 8: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2008.	39
Graf č. 9: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2009.	40
Graf č. 10: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2010.	41
Graf č. 11: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2011.	42
Graf č. 12: Histogram četnosti výskytu hladin za rozhodující období v roce 2012.	43
Graf č. 13: Histogram četnosti výskytu maximálních hladin za rozhodující období 2003 - 2012.	44

Seznam příloh

- Příloha č. 1 Situace - efektivní délka rozběhu větru
- Příloha č. 2 Příčný profil č. 1
- Příloha č. 3 Příčný profil č. 2
- Příloha č. 4 Příčný profil č. 3
- Příloha č. 5 Příčný profil č. 4
- Příloha č. 6 Příčný profil č. 5
- Příloha č. 7 Příčný profil č. 6
- Příloha č. 8 Prognóza ústupu břehové čáry
- Příloha č. 9 Opatření z drátokamenných košů - gabionů
- Příloha č. 10 Oživená kamenná rovinanina
- Příloha č. 11 Oživený srub z kulatiny
- Příloha č. 12 Oživená kamenná lavice
- Příloha č. 13 Opevnění z kulatiny v kombinaci s kamennou patou
- Příloha č. 14 Aktivní protiabrazní konstrukce z gabionu doplněna porostem rákosin
- Příloha č. 15 Aktivní protiabrazní konstrukce-kamenná lavice s porostem rákosin
- Příloha č. 16 Aktivní protiabrazní konstrukce z dřevěných kůlů a rákosin